



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Gestión de mantenimiento basado en metodología TPM para
incrementar la productividad de los pozos tubulares de la
empresa Agroindustrial Pucalá”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Medina Quintana, Deyby Angels Romario (ORCID: 0000-0002-4526-7556)

ASESOR:

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0003-2308-1782)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

La indagación está dedicada a mi madre, que con su esfuerzo me ayudó a salir adelante, por ello y sus apoyos estoy culminando satisfactoriamente.

A todos mis docentes que me ayudaron con sus conocimientos a ser un buen profesional y poder salir adelante.

Deyby Angels Romario Medina Quintana

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida y encaminarme por medio de mi familia por el buen camino.

A mis padres, por ser ellos el motor y motivo de cada uno de mis esfuerzos y logros. A mis docentes y amigos por apoyarme de diversas formas.

Deyby Angels Romario Medina Quintana

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice.	iv
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción	1
II. Método	7
2.1. Diseño de Investigación	7
2.2. Variables, Operacionalización.....	8
2.3. Población y Muestra	11
2.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	11
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	13
2.6. Aspectos Éticos	14
III. Resultados.....	15
3.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de los Pozos Tubulares de la Empresa Agroindustrial Pucalá.....	15
3.2. Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual: disponibilidad y confiabilidad de los pozos Tubulares	25
3.3. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluya las acciones de mantenimiento, capacitación, organización y control del mantenimiento	46
3.4. Determinar la disponibilidad de los pozos tubulares con la propuesta de mantenimiento preventivo	57
3.5. Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto	59
IV. Discusión	67

V.	Conclusiones.....	68
VI.	Recomendaciones.....	69
	Referencias.....	70
	Anexos.....	76

Índice de Tablas

Tabla 1: Estudio	7
Tabla 2. Operacionalización	9
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
Tabla 4. Pozos Tubulares en Empresa Agroindustrial Pucalá	16
Tabla 5. Registro de horas de operación mensual de pozos tubulares	17
Tabla 6. Volúmenes de Agua Extraída. 2018 (m3)	18
Tabla 7. Consumo de energía eléctrica, Pozos Tubulares E.A.I. Pucalá, 2018	20
Tabla 8. Consumo de energía (Kw-h) por m3 de agua extraída	21
Tabla 9. Fallas más frecuentes (%) en Pozos Tubulares	23
Tabla 10. Horas de fallos Mensual 2018	26
Tabla 11. Tiempo de funcionamiento de las electrobombas	28
Tabla 12. Cálculo de Disponibilidad (%) de Electrobombas EAI Pucalá	30
Tabla 13. Tiempo de funcionamiento de Pozo Tubular 55	33
Tabla 14. Valor de funcionamiento	34
Tabla 15. Escala	36
Tabla 16. Funcionamiento Pozo tubular	37
Tabla 17. Tiempo	38
Tabla 18. Pozo tubular 10	39
Tabla 19. Tubular 37	40
Tabla 20. Horas del pozo	41
Tabla 21. Tubular 18	42
Tabla 22. Horas 17	44
Tabla 23. Pozo tubular 46	45
Tabla 24. Ficha de mantenimiento del pozo tubular	55
Tabla 25. Designación	57
Tabla 26. Propuesta de designación	58
Tabla 27. <i>Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo.</i>	60
Tabla 28. Agua extraída	61
Tabla 29. Totalidad	63

Índice de Figuras

Figura 1. Operación Mensual de Pozos Tubulares.....	18
Figura 2. Cuerpos de Agua extraída.	19
Figura 3. Rango.	21
Figura 4. Consumo de energía (Kw-h) por m ³ de agua extraída.	22
Figura 5. Fallos Más comunes (%) en Sistema de Bombeo de agua subterránea.	24
Figura 6. Promedio de tiempo de reparación de fallos (Horas).....	27
Figura 7. Tiempo Promedio entre fallos MTBF (Horas)	29
Figura 8. Cálculo de Disponibilidad (%) de Electrobombas EAI Pucalá.....	31
Figura 9. Confiabilidad.	37
Figura 10. Pozo tubular 30.	39
Figura 11. Pozo tubular 10.	40
Figura 12. Tubular 37.....	41
Figura 13. Tubular 22.....	42
Figura 14. Pozo 18.....	43
Figura 15. Pozo tubular 17.....	44
Figura 16. Tubular 46.....	45
Figura 17. Propuesta actual.	59
Figura 18. Cálculo de ingresos.....	65
Figura 19. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.	65

Resumen

El presente trabajo de investigación denominado “Gestión de mantenimiento basado en metodología tpm para incrementar la productividad de los pozos tubulares de la empresa agroindustrial Pucalá”, tiene como objeto de estudio, la optimización de la extracción del agua de los pozos tubulares, en función a las actividades y tareas de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta los pilares del mantenimiento productivo total.

La investigación se inicia, realizando el análisis de los registros de los tiempos de funcionamiento, tiempo de fallos, número de paradas no programadas, por cada mes, observando que la tendencia es la misma, con pequeños incrementos en meses en donde el cultivo tiene altos requerimientos de agua, como también la presencia del nivel estático y dinámico de agua en los pozos tubulares. Se determinó con ello el valor de disponibilidad actual, de cada uno de los mecanismos de accionamiento de los pozos tubulares, y que en promedio tiene un valor de disponibilidad de 85.35%, que es menor al 82% que es el mínimo aceptable, como indicador de clase mundial.

Finalmente, se hizo el análisis económico, utilizando indicadores tales como el valor actual neto, la tasa interna de retorno, para determinar la viabilidad de ejecución de la presente propuesta.

Palabras clave: Análisis de Weibull, Disponibilidad, Gestión de mantenimiento.

Abstract

The present research work called "Maintenance management based on tpm methodology to increase the productivity of the tubular wells of the Pucalá agroindustrial company", has as its object of study, the optimization of the extraction of water from the tubular wells, based on preventive maintenance activities and tasks, taking into account the pillars of total productive maintenance.

The investigation begins, analyzing the records of operating times, failure times, number of unscheduled stops, for each month, observing that the trend is the same, with small increases in months where the crop has high water requirements, as well as the presence of static and dynamic water levels in tube wells. With this, the current availability value of each of the tubular well drive mechanisms was determined, and that on average has an availability value of 85.35%, which is less than 82%, which is the minimum acceptable, as an indicator. of World class.

Finally, the economic analysis was carried out, using indicators such as the net present value, the internal rate of return, to determine the feasibility of executing this proposal.

Keywords: Weibull analysis, Availability, Maintenance management.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Martínez y Huguet, 2010), un 20% de energía es consumida por los sistemas de bombeo y el 50% es consumido por los parques industriales. A nivel mundial los grandes proyectos de irrigación consumen entre el 70 y 80% de agua; además consumen cerca del 70% de energía producida en el mundo. Cuando se diseña una estación de bombeo, se debe tener en cuenta el consumo de energía; para ello se debe analizar el rendimiento, la pérdida de caudal, además se debe adaptar al rendimiento de las bombas. Así mismo, afirma que en el futuro la instalación de los sistemas de bombeo será costosos; sin embargo, su análisis costo beneficio será óptimo.

En Chile la industria y la minería consumen el 75% de electricidad operando sistemas motrices y de ese total el 28% hacen uso de sistemas de bombeo de última generación; así lo reportan los informes técnicos de ese país. Por ello se recomienda que todos estos sistemas a la hora de diseñarlos deban tener en cuenta el ahorro energético, que puede ir desde 7 a 15%; sin embargo, ese ahorro de consumo eléctrico estará en función del modelo y de las restricciones implementadas (Induambiente, 2019).

La agricultura en México abarca casi 23 millones de hectáreas, es decir casi y 12% del territorio nacional; sin embargo, la mayor parte del agua freática se encuentra sobreexplotada, generando modificaciones en los acuíferos. Lo anterior estaría generando mayores consumos de energía eléctrica debido al incremento de la profundidad de los pozos. Otra causa es el deficiente mantenimiento de los sistemas de bombeo y estarían consumiendo entre el 40 a 80% del total de energía eléctrica, es por ello que el costo mayor para los sistemas de bombeo es la electricidad. Es por ello que es muy importante tener en cuenta la eficiencia electromecánica, a la hora de diseñar sistemas de bombeo (Intagri, 2019).

Rivera (2011) indica que en nuestro país el mantenimiento está en manos de artesanos, descuidando, descuidando la importancia que tiene

tener equipos que funcione de manera eficiente y óptima. No existe una planificación ni programas de mantenimiento hechos por profesionales del área. En el aspecto académico existen deficiencias en los currículos, porque los cursos de mantenimiento son considerados optativos y en consecuencia no tenemos profesionales formados en mantenimiento que le den la importancia debida.

La empresa Pucalá S.A. A, está ubicada en el centro poblado Pucalá, distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, de la Región, la empresa se dedica a la producción de azúcar, cuenta con campos propios, lo que garantiza el continuo abastecimiento de la materia prima.

El cumplimiento de su plan de producción establecido, le ha permitido satisfacer las necesidades del mercado nacional; sin embargo, en los últimos tiempos se ha observado que la producción de azúcar ha disminuido en un 30% y la causa raíz sería el bajo rendimiento de las bombas de los pozos tubulares, sumado a ello la crisis financiera por la que atraviesa la empresa no permitiría un mantenimiento adecuado y/o repotenciación de los pozos y como consecuencia se estaría afectando el normal desarrollo vegetativo de los cultivos de caña de azúcar.

Cárcel (2016) en su trabajo características de los sistemas tpm y rcm en la ingeniería del mantenimiento, indica que El TPM, el RCM y sus variantes aparecieron en los últimos 20 años y son las más utilizadas por la industria. El TPM involucra al operario como responsable de la calidad y la confiabilidad del resultado esperado. Sin embargo, es de poco uso en la industria de España. El autor concluye que las estrategias mundiales de mantenimiento por lo general son utilizadas por la gran industria y su implementación al inicio demanda muchos recursos.

Ardila et al., (2016) en su trabajo la gerencia del mantenimiento: una revisión, reporta que el modelo de gerencia de mantenimiento es fundamental para el buen desempeño de la industria, desde el punto de vista de la seguridad, confiabilidad, mantenibilidad y calidad como puntos clave. Concluye que el proceso de sostenibilidad en el tiempo y

uso racional de recursos será una de las restricciones que predomine en la gestión de operaciones. El crecimiento de la sociedad y el desarrollo tecnológico está generando evolución en los modelos gerenciales de mantenimiento. Uno de los mayores problemas que se estaría generando es que la responsabilidad del mantenimiento está cayendo en manos de técnicos, que carecen de formación gerencial. Este tipo de estudios se deben extrapolar a otras realidades con la finalidad de intercambiar experiencias entre facultades de ingeniería.

Fernández (2018) en su tesis aplicación de tpm para la reducción de costos de mantenimiento de los motores de propulsión de las patrulleras marítimas de la marina de guerra del Perú, 2018 indica que la implementación del TPM permitió reducir costos en un 63%; así mismo, se pudo verificar que la disponibilidad pre test pasa de 60,87% a 83,68%; la mantenibilidad desciende de 11,36 a 4,48. Con la puesta en marcha del programa TPM se pudo reducir costos de S/300,340 a S/231,455; así mismo, los costos de fallas se redujo en un 32%; es decir de S/328,455 a S/169,88.

López (2018) en su tesis donde implementa el TPM para mejorar la calidad de servicio en equipos de aire acondicionado, brindado por la empresa Corporación metal frio del Perú SAC, Comas, 2018, reporta que se mejoró la variable calidad de servicio con la implementación del TPM, el sistema de aire acondicionado redujo su promedio de fallas; además permitió mejora de un promedio de 0,69 a 1,00, esto se debió a que hubo una mejor calidad del servicio. La calidad también se vio reflejada, porque permitió contar con mayor número de unidades operativas con respecto a las paradas, esto debido a una buena gestión de mantenimiento preventivo y correctivo, implementado y desarrollado de manera exitosa.

Seminario (2017) en su tesis implementación del mantenimiento productivo total (tpm) para incrementar la eficiencia de las máquinas cnc de una empresa metal mecánica Lima - Perú 2017 indica que la

aplicación de TPM permitió un aumento de la OEE de 46,32% a 66,24%; así mismo, el TPM incrementó la disponibilidad de las máquinas CNC; el mantenimiento autónomo permitió reducir los tiempos perdidos por fallas presentes en el proceso productivo. El nivel de pos test se encuentra en 72,40%, y después de aplicar el TPM se incrementó a 81,97%. El TPM aumenta el nivel de calidad de las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica, gracias a la aplicación del mantenimiento preventivo de las máquinas.

Sandoval (2017) indica que, en la empresa Cervecera la aplicación del TPM permitió incrementar la productividad de 0,4104 a 0,5405, lo que equivale al 32% de mejora. Las horas efectivas de mantenimiento paso de 0,4494 a 0,5720, lo que equivale a un 27% de mejora. Con respecto a las metas, esta se incrementó de 0,9209 a 0,9438, lo que equivale a un 2% de mejora.

Mantenimiento productivo total para Sacristán (2001) el TPM enfoca su labor primordial en aprovechar y cuidar los sistemas mecánicos, conservando su estado inicial y sobre poder adaptar la mejora continua. Indica también que el TPM implica cero fallos, desperfectos, incidencias, con la finalidad de incrementar la efectividad del proceso productivo.

Cuatrecasas y Torrel (2010) reporta que el TPM ejerce una función en aquellas industrias que giran en torno al mantenimiento y donde se debe tener en cuenta la participación de todo colaborador.

Las dimensiones del TPM son el mantenimiento preventivo el cual es un conjunto de protocolos, que se aplican en las empresas, y equipos antes de que se presenten fallas; es por ello que para su correcta aplicación debe haber un monitoreo constante para poder planificar y aplicarlo.

Mantenimiento correctivo García (2012) indica que implementar de manera efectiva el mantenimiento correctivo implica actuar con velocidad de parte del equipo; además deben ser fiables y tomando precauciones para que no vuelvan a ocurrir en un tiempo lejano y se debe tener en cuenta el gasto mínimo de recursos.

Gómez (2016) manifiesta que, este es una estrategia conformada por diversos medios debidamente organizados que permiten aumentar la competitividad empresarial. Además, permite una reducción de costos, una mejora en los tiempos de respuesta y una buena comunicación.

El objetivo del TPM es la mejora continua, para que el proceso operativo sea rentable en toda su dimensión; también involucra la mejora de la performance de los colaboradores; de esta manera se previenen los tiempos de parada y bajar los tiempos de participación.

Los objetivos del TPM son: lograr alcanzar la productividad operacional, mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, llevar información estadística de la experiencia, formar cuadros que operen en las líneas de producción.

Los pilares del TPM para Sangüesa et al., (2006) son la eliminación de las restricciones, autonomía de mantenimiento, mantenimiento planificado, disponibilidad de tiempo y Mantenimiento preventivo.

Los beneficios del TPM para Cuatrecasas y Torrel (2010) son que incrementa la productividad de los equipos, influye en las mejoras de la corporación gracias a que todos se involucran en dicha mejora; además permite la capacitación de los colaboradores; y una modificación del puesto de trabajo que contribuirá en un mejor desempeño de los colaboradores.

Los sistemas de bombeo presentan diferentes características y diferentes rendimientos y se utiliza de acuerdo a la necesidad (Luza, 2018). Cuando uno quiere elegir un sistema de bombeo, va a depender del pozo, el caudal, la profundidad, la altura y el funcionamiento. Una mala elección, puede generar rotura, bajo caudal y extracciones interrumpidas. Los tipos de bombas más usados para la extracción de agua subterránea son:

La bomba centrífuga de superficie, este tipo permite aspirar agua desde la superficie y enviarla hacia el lugar donde se le quiera utilizar; se puede poner en operación con electricidad, gasolina o petróleo. Son operativas en pozos de poca profundidad de 6 a 7 metros con respecto a la bomba (Luza, 2018).

Ante dicha realidad nos planteamos el siguiente problema ¿Cómo la aplicación de gestión de mantenimiento basado en tpm optimizará el funcionamiento de los pozos tubulares de la empresa agroindustrial Pucalá?

El trabajo tiene relevancia tecnológica, porque un programa de TPM permite optimizar el funcionamiento de los pozos tubulares requerirá de tecnología de punta para su implementación y en consecuencia redundará en beneficio la productividad de los campos agrícolas; tiene importancia económica, porque el funcionamiento óptimo de los pozos, permitirá abastecer de agua de manera eficiente a los campos de cultivo, incrementando su productividad y como consecuencia mayor producción de azúcar, que al ser vendida incrementará la rentabilidad de la empresa; tiene relevancia social, porque el funcionamiento óptimo de los pozos tubulares, permitirá incrementar las áreas de riego y en consecuencia generará puestos de trabajo llegando a un fin óptimo; así mismo se disminuirá el impacto ambiental visto por el área de influencia (incluir que cuando se usa tpm, se optimiza los repuestos generando menos residuos favoreciendo al medio ambiente).

La hipótesis planteada fue si se implementa un programa de gestión de mantenimiento basado en TPM se optimizará el funcionamiento de los pozos tubulares de la empresa agroindustrial Pucalá. Para ellos nos planteamos como objetivos, plantear un programa de gestión de mantenimiento basado en Tpm para optimizar el funcionamiento de los pozos tubulares de la empresa agroindustrial Pucalá; realizar una auditoría de mantenimiento a los equipos de bombeo de los pozos tubulares en la empresa Agroindustria Pucalá, elaborar un plan de mantenimiento sustentado en los métodos del TPM para los equipos de bombeo de los pozos tubulares; analizar como el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM incrementa la productividad y confiabilidad de los equipos de bombeo y realizar la evaluación económica de la implementación del plan de mantenimiento basado en la metodología TPM.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

No Experimental

Se miden las variables, verificando con la observación dando un paralelo del hoy en día, obteniendo lo esperando y resaltando un análisis como fruto de lo mencionado.

Se indagó fuentes confiables para obtener datos sobre las variables de estudio y así mismo de las operaciones de mantenimiento, frecuencias de parada, tiempo de los equipos de bombeo ubicados en los pozos tubulares de la Empresa Agroindustrial Pucalá, principalmente verificando los protocolos y la parte legal actual.

Descriptiva

Se considera así, ya que se pondrá a prueba las formas y/o estrategias la problemática planteada por el autor, resaltando que ello no es manipulable.

TABLA 1: *Estudio*

Estudio	T1
M1	O1
M2	O2

Fuente: elaboración propia.

Dónde:

M1 y M2: son muestras

O1 y O2: son observaciones

Descriptiva y Explicativa

Se busca verificar lo planteado y resaltar descriptivamente el objeto explicando las pautas y lo que se deriva de ello.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable Independiente

Mantenimiento Productivo Total (TPM).

2.2.2. Variable Dependiente

Productividad de los pozos tubulares.

2.2.3. Operacionalización de las Variables

TABLA 2. *Operacionalización*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Para mejorar las formas de realizar el tipo de producción, mantener los equipos de una manera eficaz y esperada, se utiliza diferentes maneras de desarrollo puesto que las diversas mantienen un trabajo limpio y adecuado, manteniendo aquel	Se desea llegar a incrementar la productividad y además lograr que sean confiables de los sistemas de bombeo de los pozos tubulares en la empresa Agroindustrial Pucalá	Confiabilidad	% Tiempo promedio entre fallas Tiempo promedio de reparación	Observación Revisión Documentaria
			Disponibilidad	Tiempo Horas de máquina sin funcionar	

	plan favorable. (Rey, 2001)				
Variable Dependiente: La productividad	Es cuando se combina efectividad y eficiencia, se dice se mantiene efectivo e íntimamente conectada para producir un desempeño firme y posible principalmente aplicando los materiales formados y posibles.	Identificando que grado de eficacia y estabilidad se obtiene, midiendo tiempo de parada y operación.	Eficiencia	%	Observación
			Eficacia	%	

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

Sistemas de bombeos de los pozos tubulares en la empresa Agroindustrial Pucalá.

2.3.2. Muestra

Sistemas de bombeos de los pozos tubulares en la empresa Agroindustrial Pucalá.

2.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

TABLA 3: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Técnicas	Uso	Instrumentos
Observación	Llevar una ficha de control de los tiempos de parada y su tiempo de operación, número de paradas y el cuanto se demoró en reparación de los sistemas de los mencionados, de Agroindustria Pucalá	Ficha de Registro de Operación de equipos de bombeo
Revisión Documentaria	Indagación de información de normatividad de maquinaria pesada y de mantenimiento basado en TPM	Ficha de revisión documentaria

Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

2.4.1.1. Observación

Aplicando lo necesario como lo planteado y planificado sobre el funcionamiento de los equipos de bombeo, transportando una inspección de las épocas operacionales, tiempos muertos, por ende, medir las fallas y el tiempo de reparación de estas fallas de cada equipo línea amarilla, para establecer facilidades evolutivas.

2.4.1.2. Revisión documentaria

Con ello se encontrarán las normas aplicables y adecuadas, así como la información técnica de equipos línea amarilla, finalmente se deben ajustar al mantenimiento productivo total (TPM).

2.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

2.4.2.1. Ficha de registro de Operación

Todo lo que se realice dentro o fuera de la empresa llevará un control de cada movimiento y actividad, y con ello se mantendrá un registro el cual podrá ser consultado las veces que sea necesarias para obtener la información precisa y específica de lo que se necesitará para mantener las unidades en óptimas condiciones.

Para llegar a tener este registro mencionado, se deben tener en cuenta dos formas simplificadas en los datos generales y el otro constará de las operaciones de bombeo, manteniendo eso al día

y con los datos correctos, se podrá efectuar el trabajo y cada actividad programada.

2.4.2.2. *Ficha de revisión documentaría*

Este apartado está necesariamente para mantener ciertos apuntes y papeleos en orden, donde será factible el poder recurrir a este, para disipar cualquier duda referente a equipos línea amarilla, características de las condiciones de trabajo, además de la información técnica como los equipos línea amarilla y lo relativo a la mencionada TPM.

2.4.3. Validez

Se buscará ser válida mediante la aprobación de especialistas del área de ingeniería mecánica eléctrica, así como por la persona encargada de la corporación de la cual se ha venido trabajando y comentando.

2.4.4. Confiabilidad

Se conseguirá por todo lo que se menciona, es decir la aprobación dada por los ingenieros y el representante de la empresa, puesto que sus observaciones, opiniones y demás serán lo primero que se tomará en cuenta. Además, por ello, se verificará que todo el resultado esté acorde y de forma verás.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Se verifica aquella relación la cual es conexa entre las variables mencionadas, y como se verifica por aquella estadística donde

se verifica la tabulación, aquel parámetro que delimita desde el inicio, por ello la estadística descriptiva mantiene el estudio en un rango que nos hace llegar a los objetivos planteados y así los incrementos de la productividad de los buses a través de la aplicación de la metodología TPM.

2.6. Aspectos Éticos

Lo planteado cuenta con un fin próximo positivamente y todo aquel resultado mantendrá su veracidad puesto que dicha exploración se debe mantener en aquellos resultados respetando claramente, lo que menciona cada autor, eso es resaltando que si la empresa lo requiere se mostrará todo el diseño de la máquina.

III. RESULTADOS

3.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de los Pozos Tubulares de la Empresa Agroindustrial Pucalá

3.1.1. Pozos Tubulares

La empresa Agroindustrial Pucalá, para sus actividades de campo, utiliza agua subterránea, la cual es extraída desde los pozos tubulares que tiene distribuido en diferentes campos y fundos, para el regadío de la caña de azúcar. La alimentación eléctrica para el accionamiento de los mencionados, en mención a la tensión de 440 Voltios, con sistemas de protección eléctrica para el arranque y maniobra de los pozos tubulares. En la tabla 1, se tiene los datos de la Empresa Pucalá por lo esperado.

TABLA 4. Pozos Tubulares en Empresa Agroindustrial Pucalá

N°	Designación de Pozo Tubular	Marca	Tipo	Serie	Caudal (Litros/Seg)	RPM	Potencia (HP)	Voltaje	Profundidad de pozo
1	Poso Tubular 55	WestingHouse	365-Y	4811	50	1776	25	440	22.1
2	Poso Tubular 30	WestingHouse	365-Y	4811	50	1770	30	440	20.6
3	Poso Tubular 10	Hidrostal	T10-G	4765	35	1770	20	440	12.2
4	Poso Tubular 37	Hidrostal	T10-G	201112075	20	1775	25	440	18.43
5	Poso Tubular 22	Delcrosa	22V278M	4545	30	1760	20	440	16.48
6	Poso Tubular 18	Smith Way	2602A	4546	20	1765	10	440	23
7	Poso Tubular 17	WestingHouse	365-Y	4547	20	1760	6.1	440	18
8	Poso Tubular 46	Shangay	250 JC	4543	30	1745	25	440	20.4

Fuente: EA. Pucalá, 2019.

3.1.2. Tiempo de operación de pozos tubulares

El agua en el subsuelo de los campos de cultivo de la empresa, tiene el siguiente registro de funcionamiento, tal como se verifica en las siguientes tablas.

TABLA 5. *Registro de horas de operación mensual de pozos tubulares*

N°	Designación de Pozo Tubular	Horas de Operación Mensual 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Poso Tubular 55	130	134	112	152	130	122	178	130	112	134	90	156
2	Poso Tubular 30	112	90	86	84	86	112	86	82	76	76	62	74
3	Poso Tubular 10	196	174	174	166	188	182	204	156	178	174	150	206
4	Poso Tubular 37	68	68	78	84	62	58	86	74	68	58	66	82
5	Poso Tubular 22	76	90	112	86	72	90	104	122	68	86	96	102
6	Poso Tubular 18	86	82	94	70	76	86	94	82	94	70	92	122
7	Poso Tubular 17	178	190	152	178	196	208	188	192	186	176	154	186
8	Poso Tubular 46	90	94	106	96	84	98	102	92	108	106	102	92

Fuente: E.A.I. Pucalá, 2018.

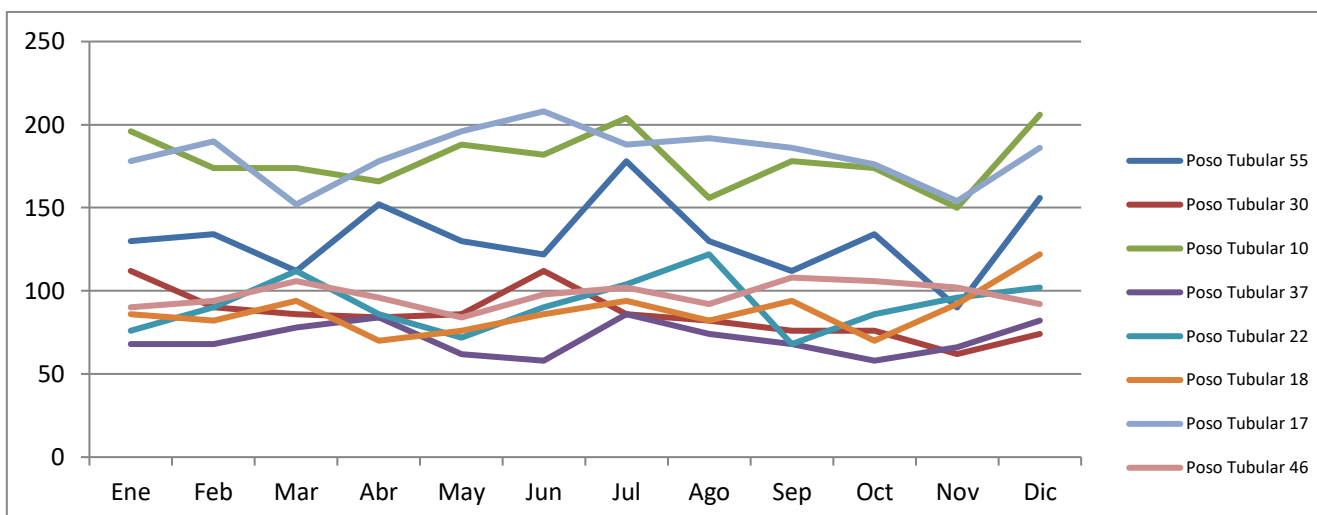


Figura 1. Operación Mensual de Pozos Tubulares.

Fuente: E.A.I. Pucalá

3.1.3. Volumen de agua extraído

Así mismo se tiene las búsquedas de corpulencias de agua mensual que se han extraído de los pozos tubulares, dicha información es consignada por los medidores de volumen que se tienen en la salida de la tubería de impulsión de agua para el regadío del cultivo de caña de azúcar.

TABLA 6. Volúmenes de Agua Extraída. 2018 (m3)

N°	Designación de Pozo Tubular	Volumen de Agua extraída Mensual 2018												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Poso Tubular 55	390	402	336	456	390	366	534	390	336	402	270	468	4740
2	Poso Tubular 30	336	270	258	252	258	336	258	246	228	228	186	222	3078
3	Poso Tubular 10	412	365	365	349	395	382	428	328	374	365	315	433	4510.8

4	Poso Tubular 37	81.6	81.6	93.6	101	74.4	69.6	103	88.8	81.6	69.6	79.2	98.4	1022.4
5	Poso Tubular 22	137	162	202	155	130	162	187	220	122	155	173	184	1987.2
6	Poso Tubular 18	103	98.4	113	84	91.2	103	113	98.4	113	84	110	146	1257.6
7	Poso Tubular 17	214	228	182	214	235	250	226	230	223	211	185	223	2620.8
8	Poso Tubular 46	162	169	191	173	151	176	184	166	194	191	184	166	2106

Fuente: E.A.I. Pucalá, 2018.

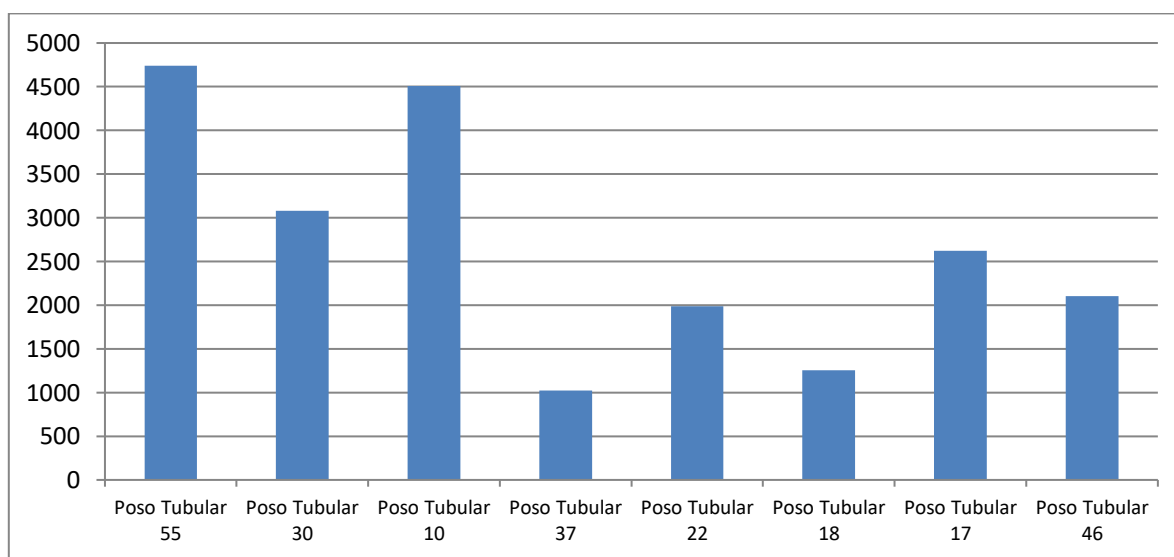


Figura 2. Cuerpos de Agua extraída.

Fuente: E.A.I. Pucalá, 2018.

3.1.4. Consumo de Energía para extracción de agua subterránea

Los equipos de medición incluyen además un medidor de energía eléctrica, el cual registra el consumo mensual de

energía del motor eléctrico que maniobra el bombillo hidráulico, la tensión de alimentación es de 440 Voltios, motores trifásicos, con sistemas de arranque triángulo estrella. En la tabla 4, se tiene el registro de carácter automatizada mensual por cada pozo tubular.

TABLA 7. *Consumo de energía eléctrica, Pozos Tubulares E.A.I. Pucalá, 2018*

N°	Designación de Pozo Tubular	Consumo de Energía Eléctrica kW-h, 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Poso Tubular 55	257	266	223	302	258	242	354	258	223	266	179	310
2	Poso Tubular 30	207	167	159	156	159	207	159	152	141	141	115	137
3	Poso Tubular 10	215	191	191	182	206	200	224	171	195	191	165	226
4	Poso Tubular 37	113	113	129	139	103	96	143	123	113	96	109	136
5	Poso Tubular 22	113	133	166	127	107	133	154	181	101	127	142	151
6	Poso Tubular 18	178	170	194	145	157	178	194	170	194	145	190	252
7	Poso Tubular 17	288	308	246	288	317	337	304	311	301	285	249	301
8	Poso Tubular 46	165	172	194	176	154	180	187	169	198	194	187	169
	Total	1536	1520	1503	1515	1462	1573	1719	1534	1466	1446	1337	1682

Fuente: E.A.I. Pucalá, 2018.

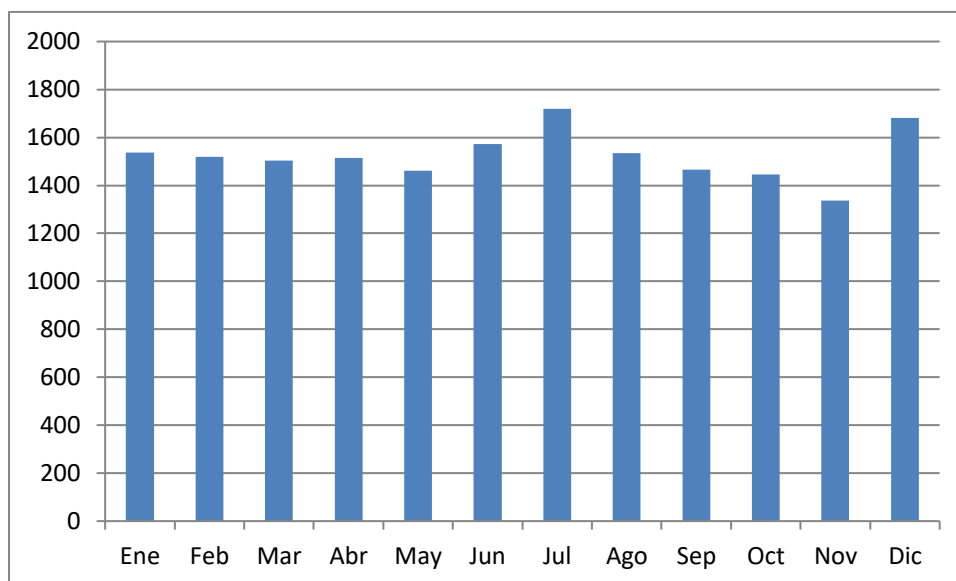


Figura 3. Rango.

Fuente: E.A.I. Pucalá.

3.1.5. Consumo de Energía Eléctrica por m3 de agua extraída

Para establecer el aumento de atrevimiento eléctrico que se emplea por cada metro cúbico de agua extraída en cada uno de los pozos tubulares durante el año, se comprueba relacionando el consumo de energía anual en cada pozo tubular entre el volumen de agua anual de cada pozo tubular, en la tabla 5, se tiene el valor de dicha relación.

TABLA 8. *Consumo de energía (Kw-h) por m3 de agua extraída*

N°	Designación de Pozo Tubular	Consumo de energía (Kw-h) por m3 de agua extraída		
		Consumo de energía (Kw-h)	Volumen de agua extraída (m3)	Kw-h/m3
1	Poso Tubular 55	3138.83	4740.00	0.66
2	Poso Tubular 30	1900.62	3078.00	0.62
3	Poso Tubular 10	2356.54	4510.80	0.52
4	Poso Tubular 37	1412.03	1022.40	1.38

5	Poso Tubular 22	1636.09	1987.20	0.82
6	Poso Tubular 18	2167.55	1257.60	1.72
7	Poso Tubular 17	3535.13	2620.80	1.35
8	Poso Tubular 46	2146.33	2106.00	1.02

Fuente: E.A.I. Pucalá.

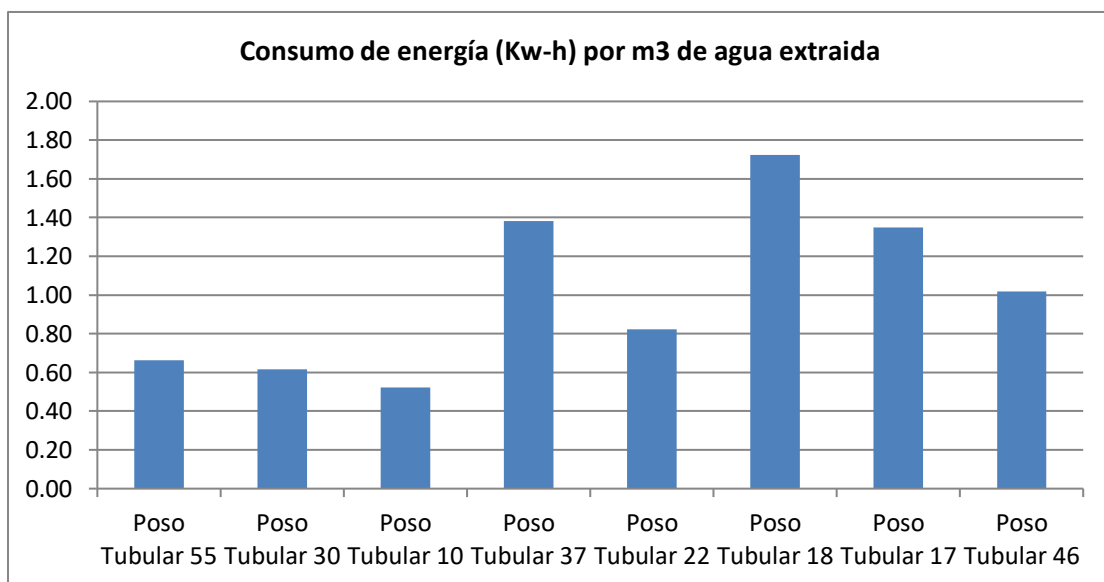


Figura 4. Consumo de energía (Kw-h) por m3 de agua extraída.

Fuente: E.A.I. Pucalá.

En la figura 4 se puede apreciar que existe diferencias entre la cantidad de energía eléctrica que se requiere para la extracción de un metro cúbico de agua de los pozos subterráneos, ésta diferencia es porque la eficiencia de las instalaciones tiene valores diferentes, el dimensionamiento de los equipos no está de acuerdo a la cantidad de energía mecánica que se requiere, entre otras. El menor valor de energía eléctrica que se requiere es el pozo 10 con 0,57 Kw-h/m3 de agua extraída, y el mayor valor es en el pozo tubular 18, con un valor de 1.72 Kw-h/m3 de agua extraída; esta variabilidad es una de las principales razones de alto

consumo de energía eléctrica, debido a que los equipos operan en condiciones de funcionamiento fuera de lo establecido por el fabricante.

3.1.6. Fallos más frecuentes de la operación de los Pozos Tubulares

En la tabla 6, se muestran en porcentaje los fallos más comunes que han ocurrido para que los pozos tubulares no estén en operación, y se observa que existen paradas por problemas de funcionamiento del equipo electromecánico del sistema de bombeo, los cuales hacen que se incrementen las horas no funcionamiento de estos sistemas, lo cual crea disminución del volumen de regadío de las partes específicas y del campo de la Empresa Agroindustrial Pucalá.

TABLA 9. *Fallas más frecuentes (%) en Pozos Tubulares*

N°	Designación de Pozo Tubular	Fallas más frecuentes (%)			
		Motor eléctrico no arranca	Activación del relé térmico	Tensión eléctrica baja	Encendido y Apagado repentino
1	Poso Tubular 55	12	56	14	18
2	Poso Tubular 30	15	45	23	17
3	Poso Tubular 10	18	32	21	29
4	Poso Tubular 37	32	45	12	11
5	Poso Tubular 22	13	49	32	6
6	Poso Tubular 18	12	54	23	11
7	Poso Tubular 17	21	43	21	15
8	Poso Tubular 46	32	34	13	21

Fuente; E.A.I. Pucalá.

De la tabla 6, se puede observar que la mayor falla ocurre por la activación del relé térmico, es decir que la cantidad de corriente que circula por el sistema es mayor a lo que está programado por el relé, por lo tanto, se tiene una serie de paradas intempestivas por este fallo, que en todos los casos está entre el 30 y 60% de fallos en la operación de los pozos tubulares.

Realizando una evaluación por cada tipo de fallo, en promedio el 45% es por fallo por activación del relé térmico del sistema de protección eléctrica del sistema bombeo de agua subterránea, el de menor frecuencia de fallos es del de encendido y apagado repentino del sistema, sin embargo, dicho fallo, tiene implicancias en cuanto a roturas de tuberías, por el efecto del golpe de ariete que se produce al incrementarse la presión, debido al cierre y apertura repentina del circuito. En la figura 7, se muestra en detalle, dichos valores.

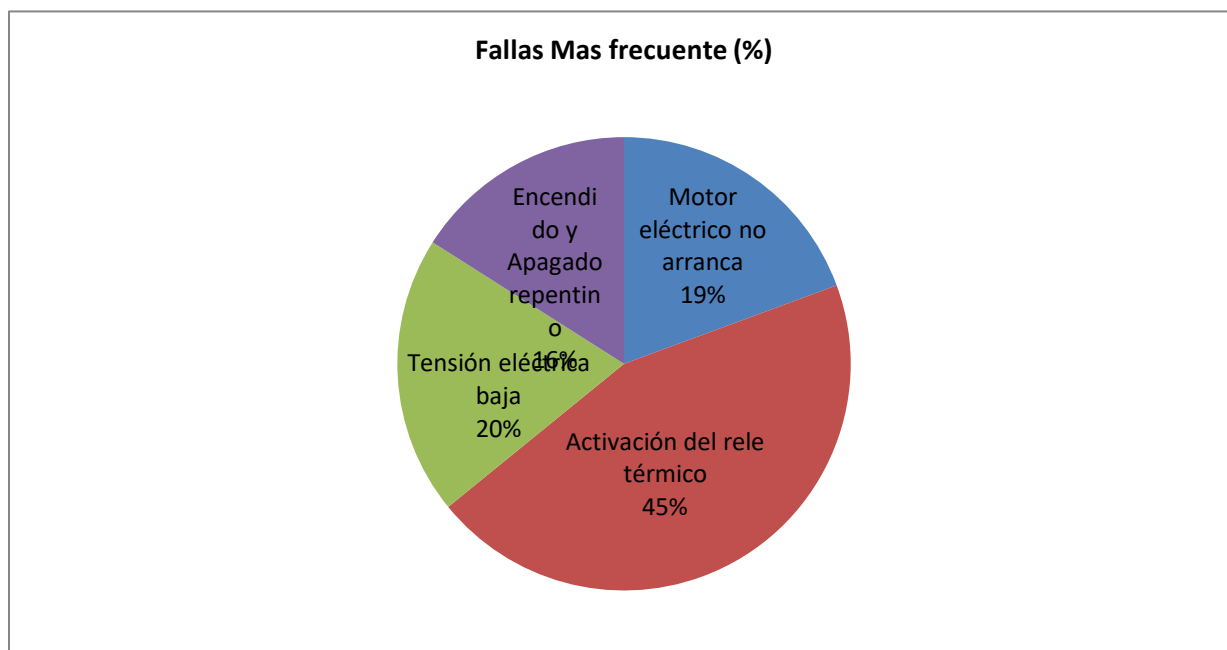


Figura 5. Fallos Más comunes (%) en Sistema de Bombeo de agua subterránea.

Fuente: E.A.I. Pucalá.

3.2. Determinar el valor de los indicadores de mantenimiento actual: disponibilidad y confiabilidad de los pozos Tubulares

3.2.1. Registro del Tiempo Promedio de Reparación (MTTR)

En la tabla 7, se muestra el registro de las horas de fallo durante los meses del año 2018, existiendo cuatro grandes tipos de fallos, que son por aspectos técnicos referentes al funcionamiento de las electrobombas. El tiempo promedio de la reparación es elevada a pesar que existe personal operativo cercano a cada pozo tubular, sin embargo, lo que existe es falla en la comunicación entre personal operativo, personal técnico y personal administrativo. Los fallos se reportan en promedio después de 1 hora de haberse producido, debido a que el operario del pozo tubular tiene que acudir al área de reparación, el cual está ubicado en la misma fábrica; así mismo esta información del fallo, no es evidenciada en un formato, solo se registra el tiempo de inoperatividad del sistema.

Además, el tiempo de reparación se incrementa debido a la falta de repuestos, si la falla requiere del reemplazo de un mecanismo, será mucho mayor aún, si el fallo requiere de una requisición de servicio a la empresa. Si los fallos son por falta de suministro eléctrico, debido a una falla en el sistema de alimentación eléctrica, el personal técnico electricista, tiene que apersonarse para realizar la verificación y/o reparación, no existe un sistema automático que reporte la falla en el sistema eléctrico.

TABLA 10. Horas de fallos Mensual 2018

N°	Designación de Pozo Tubular	Horas de fallos Mensual												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Poso Tubular 55	19	22	18	24	28	22	21	21	23	24	25	26	22.8
2	Poso Tubular 30	28	30	28	32	19	18	26	28	28	19	20	19	24.6
3	Poso Tubular 10	38	39	35	28	19	41	50	41	38	28	36	39	36.0
4	Poso Tubular 37	18	17	14	22	13	26	22	26	28	20	20	22	20.7
5	Poso Tubular 22	12	14	16	13	18	21	20	16	19	20	18	17	17.0
6	Poso Tubular 18	19	61	30	18	30	28	28	29	33	25	20	26	28.9
7	Poso Tubular 17	28	39	50	28	41	52	41	63	39	30	30	50	40.9
8	Poso Tubular 46	17	17	11	22	22	25	19	19	23	23	25	20	20.3

Fuente: E.A.I. Pucalá.

De los 8 pozos tubulares, el tiempo de reparación de fallos, presenta variabilidad, si se analiza el acumulado de año, se tiene que el pozo tubular 22, es el que presenta un menor tiempo de reparación de fallos, con 17 horas en promedio mensual, sin embargo, el pozo tubular 17, presenta un promedio de 40.9 Horas que se demora en solucionar el problema por cada mes.

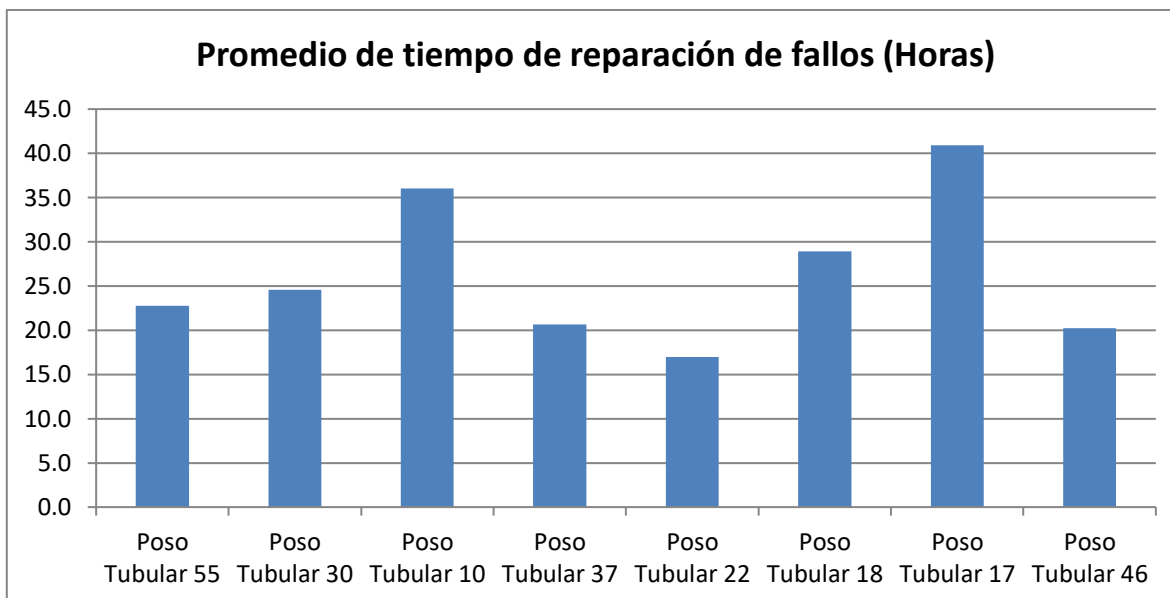


Figura 6. Promedio de tiempo de reparación de fallos (Horas)

Fuente: E.A.I. Pucalá.

3.2.2. Registro del Tiempo Promedio entre fallos (MTBF)

En los estudios realizados en el área de influencia de los pozos tubulares, por parte de la Empresa Agroindustrial Pucalá, éste contempla que los pozos tubulares toman un tiempo para volver a acumular agua; éste tiempo es de 12 a 24 horas; es decir que si se realiza el bombeo de agua en un determinado día, es necesario esperar la acumulación de agua para el siguiente bombeo; hasta donde alcance su nivel para su extracción; por lo tanto las horas disponibles para el bombeo de agua subterránea es de 6 horas diarias, que equivale a 180 horas mensuales.

En la tabla 8, se muestra el registro del tiempo de funcionamiento de las electrobombas, en cada mes del año 2018, en el cual se tiene en cuenta, que no se tiene el funcionamiento en las horas totales, debido a las paradas intempestivas, que ocurren en el sistema.

TABLA 11. *Tiempo de funcionamiento de las electrobombas*

N°	Designación de Pozo Tubular	tiempo de funcionamiento de las electrobombas (Horas)												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Poso Tubular 55	168	165	169	163	159	165	166	166	164	163	162	161	164.3
2	Poso Tubular 30	159	157	159	155	168	169	161	159	159	168	167	168	162.4
3	Poso Tubular 10	149	148	152	159	168	146	137	146	149	159	151	148	151.0
4	Poso Tubular 37	169	170	173	165	174	161	165	161	159	167	167	165	166.3
5	Poso Tubular 22	175	173	171	174	169	166	167	171	168	167	169	170	170.0
6	Poso Tubular 18	168	126	157	169	157	159	159	158	154	162	167	161	158.1
7	Poso Tubular 17	159	148	137	159	146	135	146	124	148	157	157	137	146.1
8	Poso Tubular 46	170	170	176	165	165	162	168	168	164	164	162	167	166.8

Fuente: E.A.I. Pucalá.

De los 8 pozos tubulares, el tiempo de reparación entre fallos, presenta variabilidad, si se analiza el acumulado de año, se tiene que el pozo tubular 22, es el que presenta un mayor tiempo de reparación entre fallos, con 170 horas en promedio mensual, sin embargo, el pozo tubular 17, presenta un promedio de 146.1 Horas en promedio en el cual las electrobombas presentan fallo en sus sistemas.

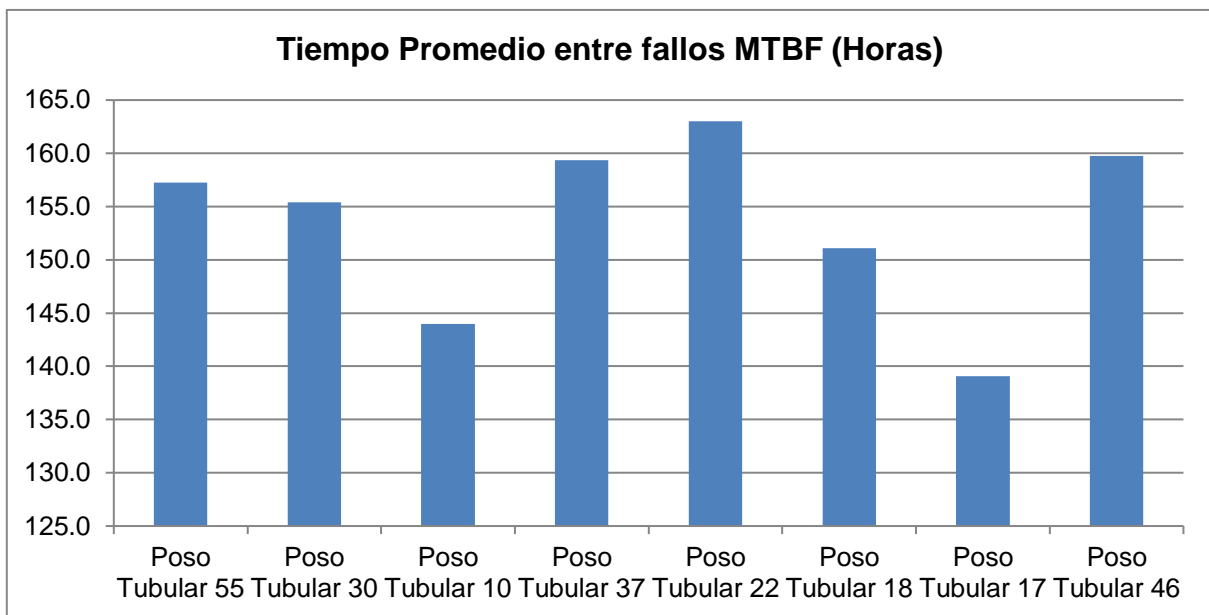


Figura 7. Tiempo Promedio entre fallos MTBF (Horas)

Fuente: E.A.I. Pucalá.

3.2.3. Cálculo de Disponibilidad

Para determinar el valor de la disponibilidad actual de la operación de cada pozo tubular de la empresa Agroindustrial Pucalá, se emplea con la siguiente relación, el cual relaciona los tiempos promedios entres defectos y los tiempos promedios de arreglos.

$$D = 100 * \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Dónde:

D: Disponibilidad.

MTBF = Tiempo promedio entre defectos.

MTTR = Tiempo promedio de arreglo.

TABLA 12. Cálculo de Disponibilidad (%) de Electrobombas EAI Pucalá

N°	Designación de Pozo Tubular	Cálculo de Disponibilidad (%) de Electrobombas EAI Pucalá												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1	Poso Tubular 55	89.4	87.8	90.0	86.7	84.4	87.8	88.3	88.3	87.2	86.7	86.1	85.6	87.4
2	Poso Tubular 30	84.4	83.3	84.4	82.2	89.4	90.0	85.6	84.4	84.4	89.4	88.9	89.4	86.3
3	Poso Tubular 10	78.9	78.3	80.6	84.4	89.4	77.2	72.2	77.2	78.9	84.4	80.0	78.3	80.0
4	Poso Tubular 37	90.0	90.6	92.2	87.8	92.8	85.6	87.8	85.6	84.4	88.9	88.9	87.8	88.5
5	Poso Tubular 22	93.3	92.2	91.1	92.8	90.0	88.3	88.9	91.1	89.4	88.9	90.0	90.6	90.6
6	Poso Tubular 18	89.4	66.1	83.3	90.0	83.3	84.4	84.4	83.9	81.7	86.1	88.9	85.6	83.9
7	Poso Tubular 17	84.4	78.3	72.2	84.4	77.2	71.1	77.2	65.0	78.3	83.3	83.3	72.2	77.3
8	Poso Tubular 46	90.6	90.6	93.9	87.8	87.8	86.1	89.4	89.4	87.2	87.2	86.1	88.9	88.8

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 9, se puede evidenciar que de los 8 pozos tubulares, solo uno supera el 90% de disponibilidad, 6 tienen valores de disponibilidad entre el 80 y 90%, y una electrobomba tiene un valor de disponibilidad menor al 80% (77.3%), lo cual demuestra que no existe la planificación del mantenimiento, así como también una gestión en cuanto a todo el proceso de mantenimiento, desde el reporte de la falla, el suministro de materiales, almacenes, etc.

En la figura 10, se muestra los valores de disponibilidad de los 8 pozos tubulares; en el caso del pozo 10, presenta un valor de disponibilidad que está debajo del estándar de calse mundial que es del 82%, por lo tanto, se evaluará el posible reemplazo de todo el equipamiento, debido a que los tiempos de fallos, involucra ineficiencia en la operatividad del equipo de bombeo de agua subterránea.

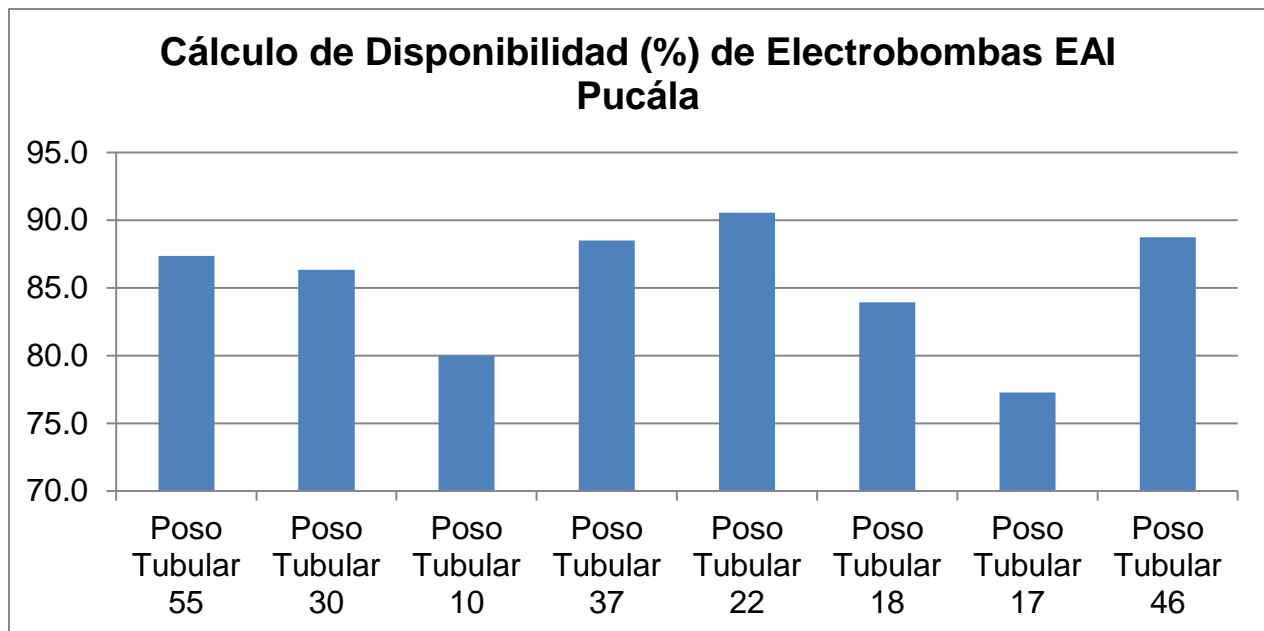


Figura 8. Cálculo de Disponibilidad (%) de Electrobombas EAI Pucalá.

Fuente: E.A.I. Pucalá.

3.2.4. Cálculo de la Confiabilidad actual de funcionamiento de pozos tubulares

Para conseguir lo esperado se debe medir lo correspondiente a los tubulares de la Empresa Agroindustrial Pucalá S.A, se utiliza el método probabilístico de Weibull, el cual, mediante los valores del tiempo de funcionamiento entre fallos, tratando de encontrar lo esperado de los fallos.

El modo particular realizándose:

- a) Verificar todo lo correspondiente al valor dado (MTBF), vistos según la escala.
- b) La fórmula clásica es mantenerlo en un orden ascendente.
- c) Aplicando lo esperando con el Rango= $((Mx-0.3)/(N+0.4))$, podremos revestir toda aquella observación que creamos necesaria, donde los valores dejen de ser uno solo y pasaran cada uno según la posición obtenida.
- d) Weibull, nos mostrará mucho con respecto al eje cartesiano, sin embargo, cada función, cada logaritmo, deben tener en cuenta lo esperado y lo fijado según cada punto resaltado, ya que en las ecuaciones se pueden obtener diversos resultados, los cuales deben ser ocupados prudentemente.
- e) Si se verifica el rango desde cierto punto y se le mira el eje tal como el otro extremo, se tomarán en cuenta los tiempos dados de uno al otro.

La confiabilidad en específico del tiempo prudencialmente mostrará todo aquello con lo que cuenta lo esperado y ello se realiza para cada uno de ellos, debido a que son dispositivos de diferentes características en cuanto a caudales, alturas dinámicas y estáticas de los pozos, potencia mecánica de los motores eléctricos, eficiencia de las electrobombas, etc.

Estudio de verificación del pozo Tubular 55.

Con el orden específico y lineal en horarios del funcionamiento del Pozo Tubular 55 en horas, tal como se muestra en la tabla 13.

TABLA 13. *Tiempo de funcionamiento de Pozo Tubular 55*

	Tiempo de funcionamiento de las electrobombas (Horas)
1	159
2	161
3	162
4	163
5	163
6	164
7	165
8	165
9	166
10	166
11	168
12	169

Fuente: elaboración propia.

Luego se calcula los valores según lo que establece el procedimiento de Weibull, el cual se resumen en la tabla 11.

TABLA 14. Valor de funcionamiento

Nº	Valor de Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 55 (Horas)	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 55)	X.Y	X2
1	159	0.06	1.06	-2.85	5.07	2.22	10.14
2	161	0.14	1.16	-1.91	5.08	3.17	10.16
3	162	0.22	1.28	-1.40	5.09	3.68	10.18
4	163	0.30	1.43	-1.04	5.09	4.06	10.19
5	163	0.38	1.61	-0.74	5.09	4.35	10.19
6	164	0.46	1.85	-0.49	5.10	4.61	10.20
7	165	0.54	2.18	-0.25	5.11	4.85	10.21
8	165	0.62	2.64	-0.03	5.11	5.08	10.21
9	166	0.70	3.35	0.19	5.11	5.30	10.22
10	166	0.78	4.59	0.42	5.11	5.53	10.22
11	168	0.86	7.29	0.69	5.12	5.81	10.25
12	169	0.94	17.71	1.06	5.13	6.19	10.26
	Suma			-6.36	61.22	54.86	122.43

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Es utilizable todo correspondientemente a los parámetros esperados y los verificables para obtener veracidad y

eficacia, con ello confirmar lo que nos muestra la ecuación de Weibull.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e\left[-\left(\frac{r}{c}\right)^k\right]$$

Esto se logra utilizando el procedimiento de retroceso rectilíneo, donde corresponde las inconstantes, el sumario se ve destellado por las consecuentes:

$$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$$

$$X_i = \text{Ln}(r)$$

$$a = -k\text{Ln}(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

a) Multiplicar los valores $X.Y$, y el valor de X al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de X , de valores de Y , y de valores $X.Y$, y la sumatoria de los cuadrados de X .

b) Se determina los valores de a y b , con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X.Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X.Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 63.92$$

$$b = -326.6 = k$$

Es mostrado así:

$$Y = aX + b$$

Se expresa: $a = -k \ln(c)$ y $b=k$

Verificándose:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{326.6}{63.92}} = 165.5$$

Fijamente los niveles esperados por la indagación pertinente donde cada punto es visto y cada frecuencia es agarrada con los tiempos esperados entre una y otra.

TABLA 15. Escala

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
63.92	165.5

Fuente: elaboración propia.

Contingencia de salida.

Es considerado por las ecuaciones de weibull,

$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

TABLA 16. *Funcionamiento Pozo tubular*

Valor de Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 55 (Horas)	Confiabilidad %
159	98.579
161	97.153
162	96.122
163	94.927
163	94.927
164	93.740
165	92.899
165	92.899
166	92.863
166	92.863
168	96.058
169	98.208

Fuente: elaboración propia.

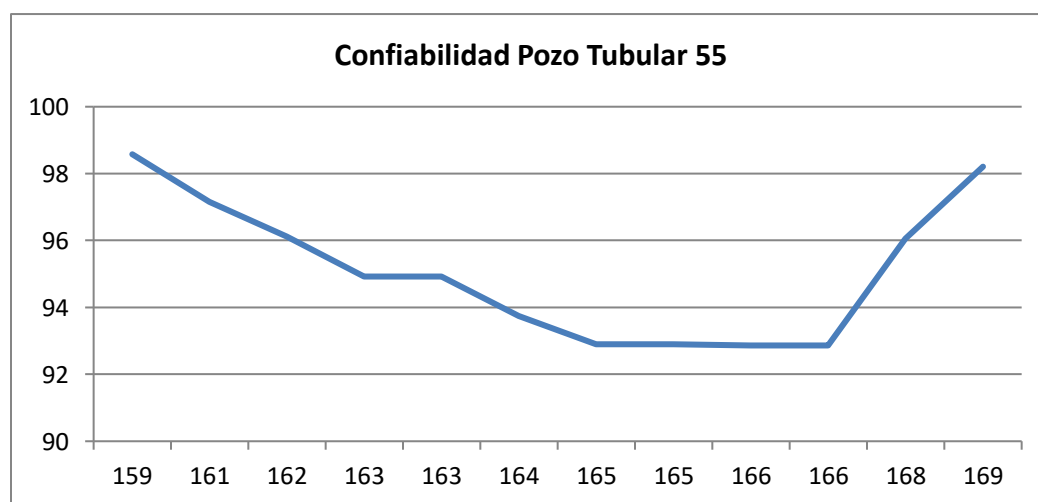


Figura 9. Confiabilidad.

Fuente: elaboración propia.

La probabilidad de que ocurra un fallo en 165.5 horas de funcionamiento del pozo tubular 55 es de 92.8%.

TABLA 17. *Tiempo*

Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 30	Confiabilidad %
155	98.623
157	98.351
159	98.070
159	98.070
159	98.070
159	98.070
161	97.801
166.6	97.416
167	97.425
168	97.477
168	97.477
168	97.477
169	97.570

Fuente: elaboración propia.

De manera análoga, se realiza el cálculo de la probabilidad de falla de los demás pozos tubulares, en la tabla 13, se muestran los resultados determinados con el método de Weibull.

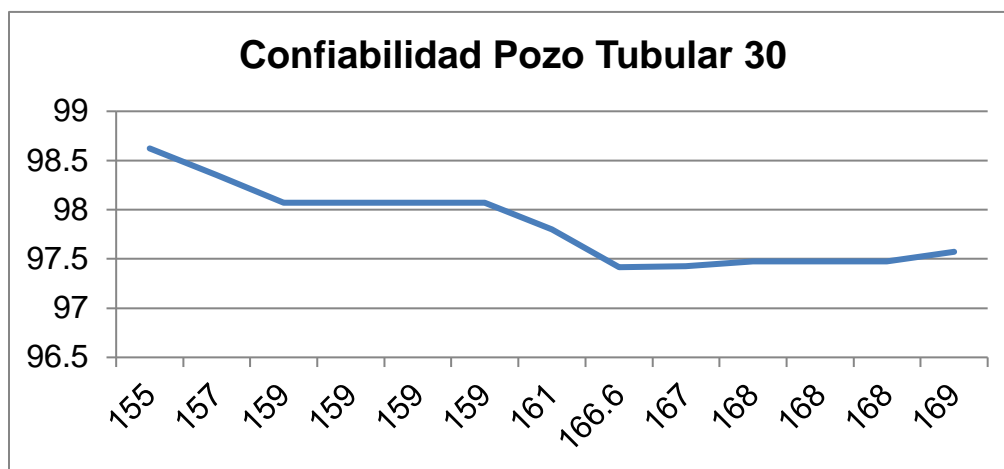


Figura 10. Pozo tubular 30.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 18. Pozo tubular 10

Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 10	Confiabilidad %
137	94.190
146	84.266
146	84.266
148	81.471
148	81.471
149	80.124
149	80.124
151	77.756
152	76.844
154.8	75.855
159	80.278
159	80.278
168	98.267

Fuente: elaboración propia.

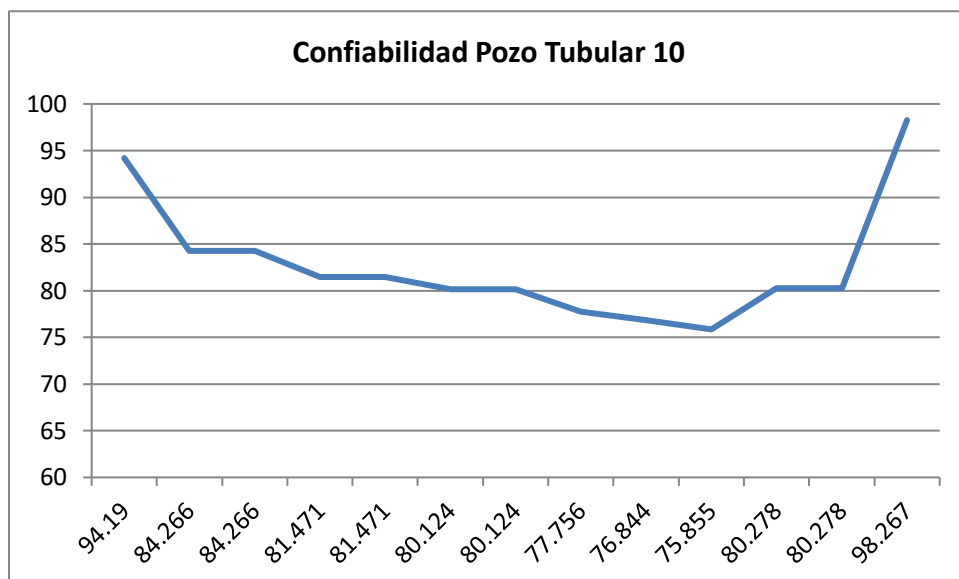


Figura 11. Pozo tubular 10.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 19. Tubular 37

Tiempo de Funcionamiento Pozo Tubular 37	Confiabilidad %
159	88.181
161	82.22
161	82.22
165	65.649
165	65.649
165	65.649
167	58.358
167	58.358
168.5	56.435
169	56.863
170	59.615
173	80.216
174	87.789

Fuente: elaboración propia.

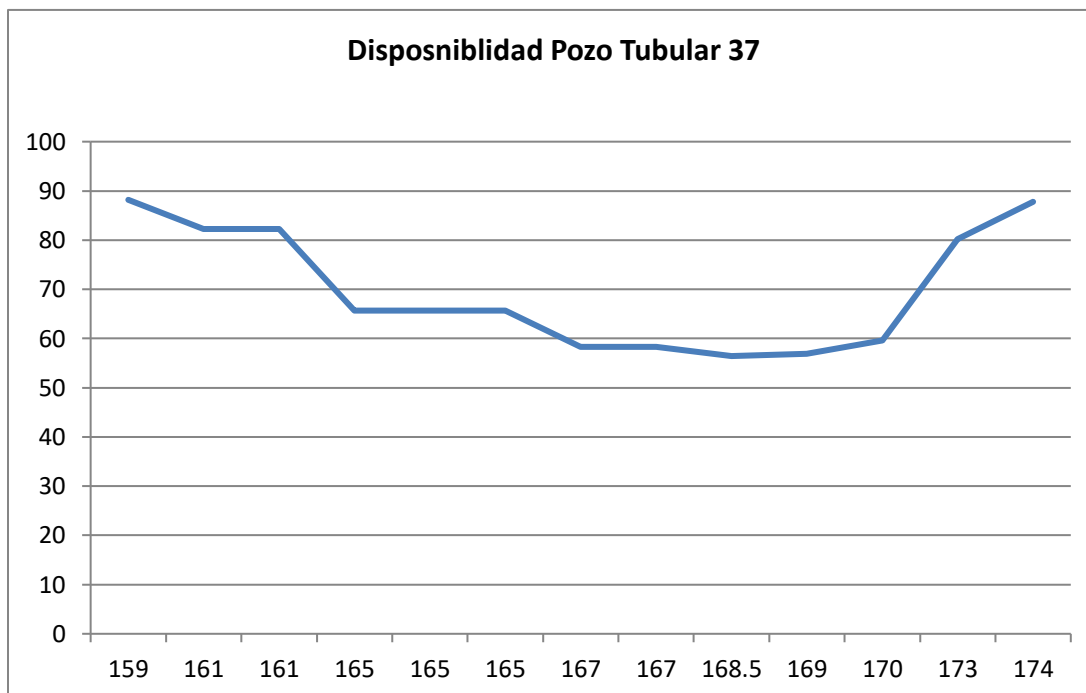


Figura 12. Tubular 37.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 20. Horas del pozo

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Pozo Tubular 22	Confiabilidad %
166	97.737
167	96.905
167	96.905
168	95.891
169	94.770
169	94.770
170	93.725
171	93.081
171	93.081
171.4	93.024

173	94.411
174	96.377
175	98.333

Fuente: elaboración propia.

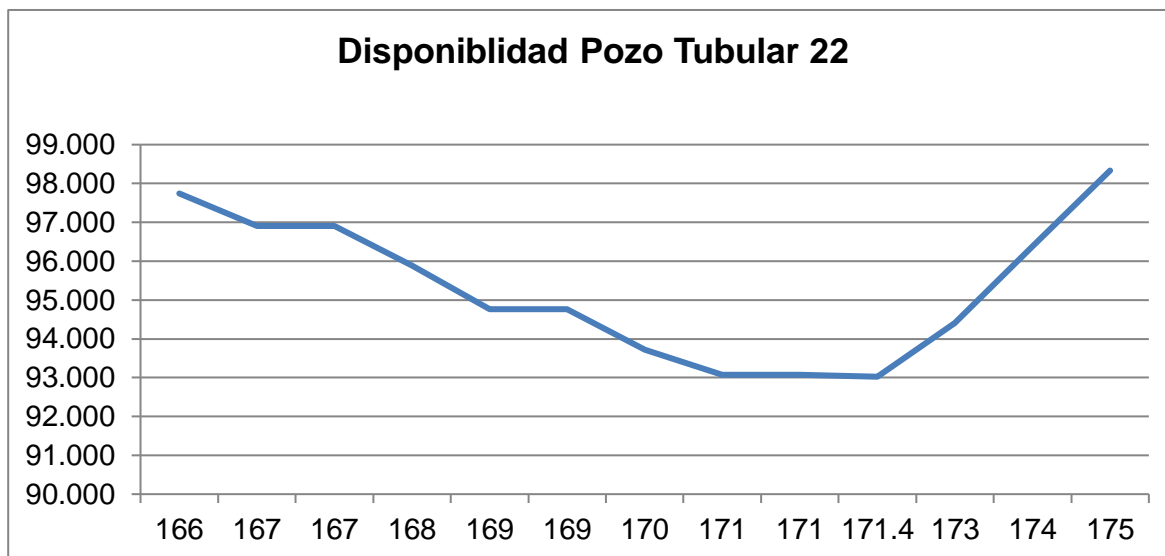


Figura 13. Tubular 22.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 21. *Tubular 18*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Pozo Tubular 18	Confiabilidad %
126	98.350
154	87.924
157	86.567
157	86.567
158	86.188
159	85.858

159	85.858
161	85.378
162	85.242
	85.229
167	85.846
168	86.245
169	86.737

Fuente: elaboración propia.

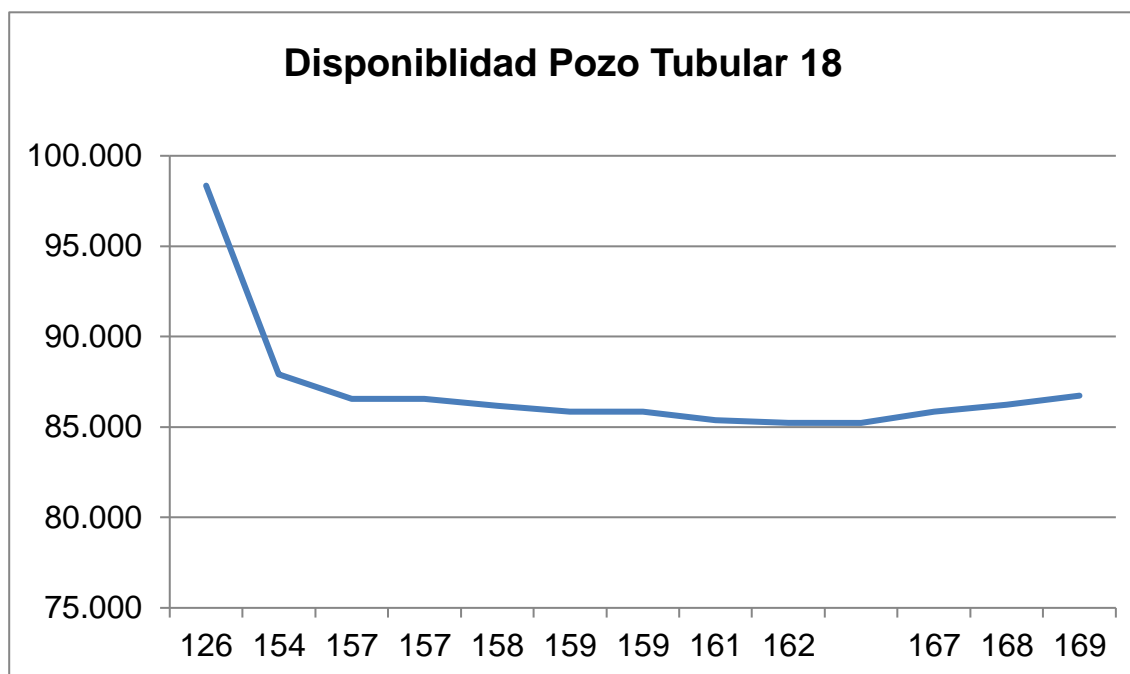


Figura 14. Pozo 18.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 22. Horas 17

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Pozo Tubular 17	Confiabilidad %
124	96.779
135	91.361
137	89.978
137	89.978
146	83.787
146	83.787
148	82.950
148	82.950
151.2	82.594
157	85.906
157	85.906
159	88.113
159	88.113

Fuente: elaboración propia.

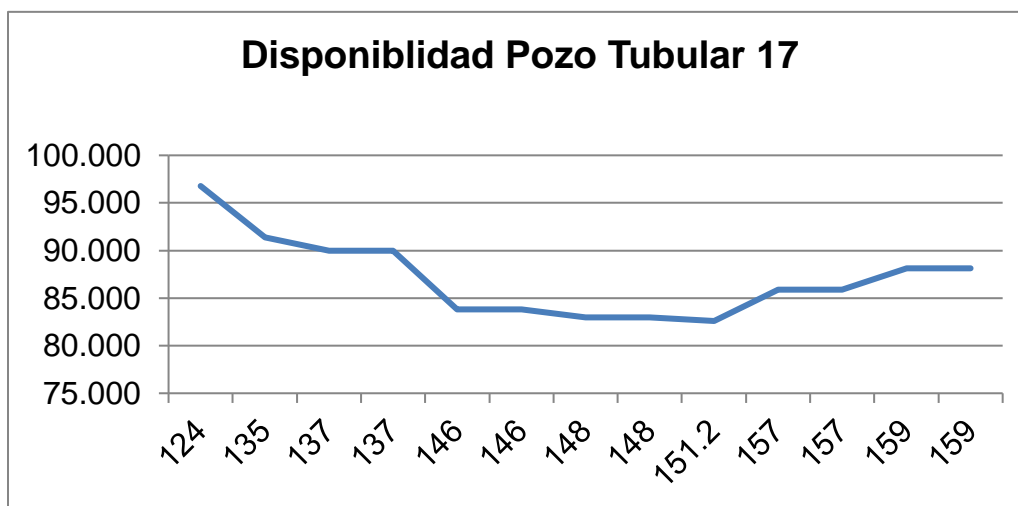


Figura 15. Pozo tubular 17.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 23. Pozo tubular 46

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Pozo Tubular 46	Confiabilidad %
162	98.004
162	98.004
164	97.033
164	97.033
165	96.490
165	96.490
167	95.510
168	95.223
168	95.223
168.7	95.170
170	95.493
170	95.493
176	99.846

Fuente: elaboración propia.

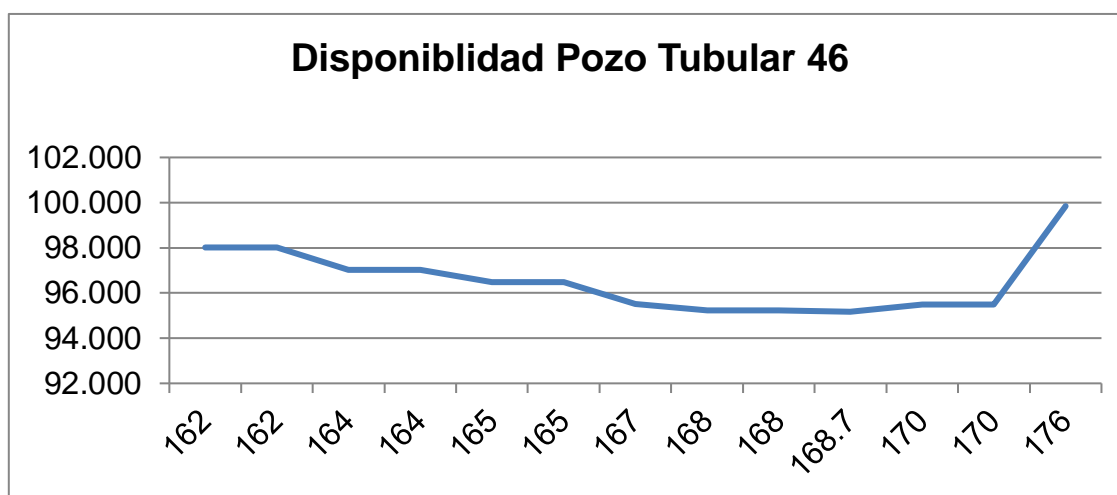


Figura 16. Tubular 46.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluya las acciones de mantenimiento, capacitación, organización y control del mantenimiento

3.3.1. Acciones de Mantenimiento

Las acciones de mantenimiento se planifican por el tiempo de duración de las mismas, es decir, en mantenimiento diario, mantenimiento quincenal, mensual y anual, el cual es realizado por el personal técnico de la empresa Agroindustrial Pucalá, con la asistencia de los operarios de las electrobombas, a fin de involucrar a este personal, y pueda desarrollar acciones de mantenimiento básico.

Actividad realizada por lo esperado

Consecuentemente de forma precisa y determinada se puntualizan las tareas específicamente para lo que se desea encontrar y esperar:

1) Bomba Turbina Vertical lubricada por aceite

- a) Cada perímetro debe encontrarse en óptimas condiciones las cuales reflejan que el funcionamiento estará en óptimas condiciones, es decir, la falla no se verá por el tema de la limpieza, según se pueda ir verificando en el camino.
- b) El ventilador debe estar limpio por fuera como por cada conexión, es decir todo interna y externamente no debe de complicar la labor del día.
- c) Al momento de verificar y dar el visto bueno debe de estar el lubricante conforme debe estar medido el aceite, es decir no debe de haber ninguna falla.

- d) Tal como se mencionó adelante el gota a gota del lubricante y del mencionado debe estar reflejando el correcto funcionamiento con el tiempo estimado.
- e) El sistema no debe contar con ninguna falla, puesto que, a raíz de la inspección, se demostrará que está en perfecto funcionamiento.
- f) Si se encuentra algún movimiento conforme a los ruidos, no siendo los esperados, automáticamente se debe de hacer la inspección correctamente para verificar si existe algún daño.
- g) El horario trabajado debe coincidir con el bombeo y por ello el sistema de concordar.
- h) Teniendo en cuenta que el tipo de arranque no debe de producir el calentamiento del motor, y ello debe estar revisándose constantemente.

2) Bomba Sumergible

- a) Debe mantenerse limpio cada rincón del bombeo.
- b) Cada conexión debe estar adecuadamente conectado y limpio, por lo que se debe verificar.
- c) El caudal concordará con lo especificado en el sistema según el horario de trabajo y de los turnos los cuales se deben apuntar.
- d) Todo el tema regular de la inspección debe estar simple y llanamente viendo en el sentido que debe ser, es decir con lo establecido correctamente, por donde se ve el giratorio, el tipo de bomba siendo una inspección constante por el tipo de presión ejercida y lo menor posible considerado.
- e) El calentamiento del motor es producido por los arranques en suma excesiva.

3) Bombas de riego

- a) Después de verificar lo que debe ser y debe darse, se planteó un rango específico que, de las facilidades de cada ventilación, impidiendo que pueda dañarse por muchas cosas, y en ello que pueda ingresar algún material ajeno que destruya y perjudique el bombeo.
- b) Es necesario resaltar que en cada cambio de turno se deben realizar el mantenimiento y limpieza respectiva, es decir se pueda dejar en óptimas condiciones cada pozo.
- c) El ventilador en su exterior debe contar con una limpieza diaria donde se verifique su buen funcionamiento.
- d) Cada conexión debe estar sin ningún empate y limpio según lo especificado.
- e) Las válvulas deben mantenerse cada 8 horas donde el turno cambia, limpio y listo.
- f) Si el sistema verifica algún tipo de falla de inmediato se deben tomar las medidas específicas y de emergencia, esperando no dejar que el daño avance y pueda perjudicarse todo el pozo en sí.
- g) Si es que se empieza a cambiar el funcionamiento mediante algún ruido o cambio inesperado de inmediato se debe detener la producción para verificarlo y tomar las medidas esperadas.
- h) Las horas empleadas en cada trabajo debe ser compensatorio para el bombeo.
- i) No es esperado que sea detenido y el arranque deba realizarse a cada momento, ello debe evitarse.

- j) La bomba y el motor deben ser cuidados al máximo por ello es que no deben trabajar al vacío.
- k) La operación realizada debe ser continua y esperada.
- l) La posible fuga debe ser detectada antes de tiempo, ya que se va a estar verificando que ello no se realice, por tanto, los jefes de cada unión deben estar listo y preparado.
- m) La prensa estopas, se verán cada cierto tiempo, donde se mantenga en un buen funcionamiento.

Actividades de mantenimiento quincenal

Como su mismo nombre lo indica, debe realizarse cada quince días y en tanto no se escuchen algún tipo de ruido extraño y no esperado, ello puede darse según lo siguiente:

1) Bomba turbina vertical lubricada por aceite

- a) La instalación es vital y principal, si ello se encuentra en perfecto estado, la máquina dará en función perfectamente.
- b) El aceite debe estar en su depósito específicamente y mantener un acceso rápido.
- c) Y el mencionado debe mantenerse en el nivel esperado, dando una inspección fácil y buena.
- d) Con respecto a la tubería se debe verificar siempre para que toda valla en buen funcionamiento.
- e) El arranque debe estar conectado de una forma que los accesorios vallan acorde.

- f) El sistema operacional debe estar siempre en constante verificación donde el motor debe trabajar a lo esperado y exigirle.
- g) Con respecto a la corriente, debe ir conforme lo establecido, manteniéndose en esos parámetros y no exceder, por ningún motivo.
- h) Siempre manteniendo en alerta si el equipo presenta algún ruido que no es usual y lo cual indica que algo está funcionando mal y debe de pasar mantenimiento de inmediato, para prevenir cualquier pérdida.

2) Bomba sumergible

- a) Con respecto a los cables, deben mantener su instancia, donde se verifique su buen funcionamiento y donde no puedan estropearse.
- b) El voltaje mantenerse en un límite especial y fijamente del suministro.
- c) Los accesorios con puntualidad del arranque son especial y profundo en conectividad.
- d) Respecto a las tres fases de consumo debe estar en su lineamiento.
- e) Es preciso indicar que el tablero de bombeo manifestará la operación puesta para el voltaje.

3) Bombas de riego

- a) El ventilador de mantener su mantenimiento en funcionamiento.
- b) El alineamiento de la bomba con el motor debe continuar conforme la base lo indica.

- c) Si las válvulas cuentan con alguna falla, automáticamente se debe iniciar el mantenimiento y reparación si ello fuera necesario.
- d) Si en las uniones se cuenta que hay algún tipo de fuga se debe priorizar el seguimiento y el mantenimiento.
- e) Si el tubo de succión se debe inspeccionar, este debe ser verificado en constancia.
- f) Punto importante son las fajas, por ende, se debe practicar diariamente un seguimiento.
- g) Los rodamientos deben ser revisados y lubricados.

Actividades de mantenimiento anual

1) Bomba turbina vertical lubricada por aceite

- a) La lubricación debe ser constante en el sistema en general.
- b) El gotero debe ser cambiado de inmediato de no estar en óptimas condiciones.
- c) Se debe cambiar el depósito de aceite si su estado no es el adecuado, para que la máquina no se afecte por ningún motivo, y falla interna.
- d) Las tuberías deben ser revisadas y pasar mantenimiento diario.
- e) Los accesorios deben ser aceitados, lubricados, y verificarse su estado tal cual las demás piezas para poder llegar a mantener esa máquina en operación todo el día.
- f) Si alguna pieza presenta un desgaste por mínimo que sea, se debe retirar y reemplazar por uno

nuevo, donde se verifique que las piezas funcionen bien y fáciles de cumplir su funcionamiento.

- g) La empaquetadura debe continuar con todo, sin efectuar algún tipo de estado mal.
- h) La parte eléctrica es primordial, por ello su función debe ser limpia y lubricada, para mantener activa la maquinaria.
- i) Toda pieza que deba estar en funcionamiento debe pasar la inspección y el mantenimiento.
- j) Se debe reemplazar la bola del motor si ello pudiera malograr todo el proceso por el cual funcionarán todas las piezas para recopilar el producto.

2) Bomba sumergible

- a) El bombeo debe ser instalado con la limpieza respectiva, tal y como se viene especificando.
- b) El accesorio complementario cumple una función específica, por lo tanto, es necesario que se arregle y se verifique constantemente.
- c) Se debe desmontar, así como mantener la limpieza en funcionamiento por lo que el arranque se verá siempre primero como una parte ideal para la máquina y realizar sus funciones para la cual fue creado.
- d) Los cables o el cableado deben cumplir la función para el que fue puesto, pero este debe cumplir el protocolo.
- e) Los desgastes de cada pieza deben ser detectado para no dejar pasar ello por alto, ya que puede ir malogrando el funcionamiento de todo.

- f) La eficacia de la presión debe ser visible, por ello eso se debe mantener de una u otra manera por encima de todo el funcionamiento; el sistema se debe verificar constantemente y ello permitirá que los efectos sean buenos y las lecturas sean las correctas y las esperadas por todos.

3) Bomba de riego

- a) Las bombas son necesarias en todo campo, donde el material funcionará con el arrancador y los líquidos pasen de forma segura, realizando su funcionamiento.
- b) El arranque con todo lo que este implica debe pasar por el arduo trabajo de mantener y verificar todo el arranque y lo que ello implica, no dejando que puedan bajar el tiempo estimado.
- c) Los motores eléctricos deben de verse tanto por dentro como por fuera limpio y funcional.
- d) Las pruebas de continuidad son un apartado interesante dentro del funcionamiento, permitiendo realizar esas pruebas para mantener un listado de funcionamiento.
- e) Las válvulas compuertas permite verificar los tubos que se espera que funcionen bien.
- f) Todo cambio es bueno según la maquinaria, por ello las fajas que son una parte esencial se mantiene en mantenimiento constantemente formando una cultura de eficacia.
- g) Los rodamientos muestran que, si son lubricados de la mejor manera, podrán brindar un mejor

trabajo y este debe realizarse por lo menos 2 veces al año.

- h) Los jebes serán ajustados siempre y cuando este sea verificado y demostrado que necesita ello.
- i) Si se nota algún cambio que se debe hacer, se debe realizar para todas las piezas.
- j) La inspección de cada pieza es fundamental, y con ello no se dejará de efectuar un buen trabajo, por el contrario, se llegará al fin planteado.

TABLA 24. Ficha de mantenimiento del pozo tubular

FICHA DE MANTENIMIENTO DE POZO TUBULAR N° 1:																										
Nº	Verificaci ones y Tareas	Frecu encia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Limpieza general	SEMA NAL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	Verificar Motor Eléctrico	MENS UAL			○				○				○				○				○				○	
3	Verificar sistema de Transmis ión	SEMA NAL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	Cambio de elemento s móviles en bomba	SEMA NAL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	Cambio de elemento s móviles en Motor eléctrico	MENS UAL			○				○ √				○				○				○				○	

6	Cambio de sistema de tuberías	SEMESTRAL													O														O
Fecha de Ejecución del Mantenimiento																													
Firma del Encargado del Mantenimiento																													
Observaciones															Frecuencia					Claves									
															S: Semanal					O: A Inspeccionar √: Check (Conforme) X: Con falla									
															Q: Quincenal														
															M: Mensual														
															T: Trimestral														
															Sm: Semestral														

Fuente: elaboración propia.

3.4. Determinar la disponibilidad de los pozos tubulares con la propuesta de mantenimiento preventivo

Proyección de Disponibilidad

La aplicación del plan de mantenimiento tiene como objetivo tener los pozos tubulares en condiciones de funcionamiento, en el cual las paradas por falta de suministro eléctrico, falla del motor eléctrico, falla de la bomba hidráulica, fallas en tuberías en otros, disminuyan. La disminución del número de paradas y el tiempo de estos, se determinan en función a que se cumpla lo determinado en la planificación, ejecución y supervisión del mantenimiento.

El incremento de las horas de funcionamiento, también considera que existe un tiempo de mantenimiento preventivo, el cual se prevé que será de dos horas al mes; esto incrementa el tiempo de funcionamiento en 5% con respecto al total; en la tabla se muestra los valores de los tiempos antes y después de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo.

TABLA 25. *Designación*

N°	Designación de Pozo Tubular	Horas de funcionamiento Promedio Mensual	
		Actual	Con propuesta de mantenimiento
1	Pozo Tubular 55	164.3	172.5
2	Pozo Tubular 30	162.4	170.5
3	Pozo Tubular 10	151	158.6
4	Pozo Tubular 37	166.3	174.6
5	Pozo Tubular 22	170	178.5

6	Pozo Tubular 18	158.1	166.0
7	Pozo Tubular 17	146.1	153.4
8	Pozo Tubular 46	166.8	175.1

Fuente: elaboración propia.

El valor de la disponibilidad con la propuesta de plan de mantenimiento se determina:

$$Dn = 100 * \frac{Tf}{180}$$

Dónde:

Dn; Disponibilidad con propuesta de mantenimiento preventivo.

Tf: Tiempo de funcionamiento

Reemplazando valores, se tiene:

TABLA 26. *Propuesta de designación*

Nº	Designación de Pozo Tubular	Disponibilidad (%)	
		Actual	Con Propuesta
1	Pozo Tubular 55	87.4	95.84
2	Pozo Tubular 30	86.3	94.73
3	Pozo Tubular 10	80	88.08
4	Pozo Tubular 37	88.5	97.01
5	Pozo Tubular 22	90.6	99.17
6	Pozo Tubular 18	83.9	92.23
7	Pozo Tubular 17	77.3	85.23
8	Pozo Tubular 46	88.8	97.30

Fuente: elaboración propia.

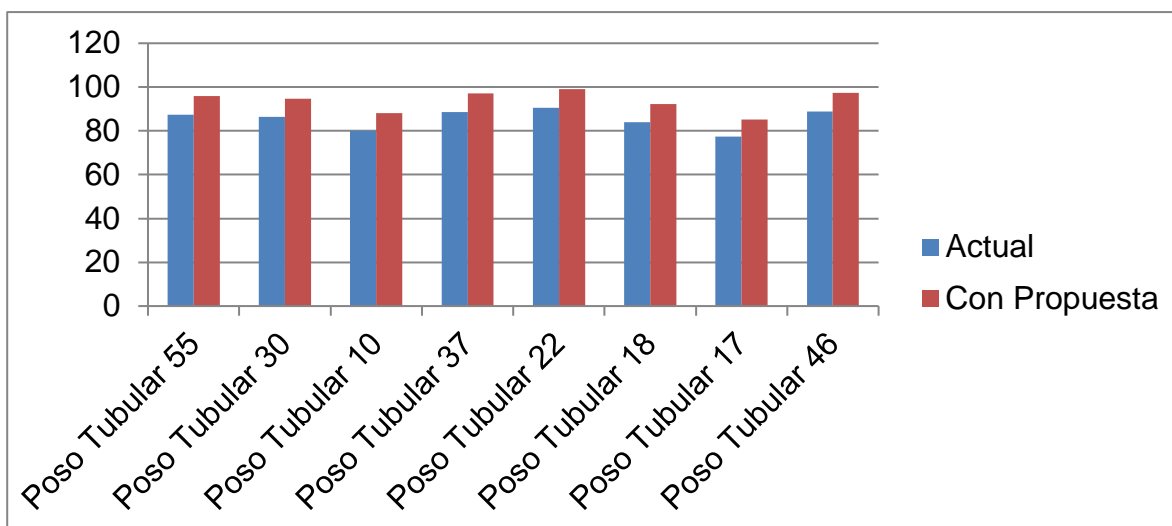


Figura 17. Propuesta actual.

Fuente: elaboración propia.

Se concluye que, se garantizará que el riego a los cultivos de caña de azúcar se mantendrá activo y en buen funcionamiento, porque se mantendrá el mantenimiento correcto, donde los pozos trabajaran conforme la indagación y los resultados obtenido, la disponibilidad es fundamental y seguir los pasos indicados se debe medir y especificar. Sin dejar de lado la garantía de que todo se mantendrá a buen ritmo y con los parámetros especificados y hablados líneas arriba.

3.5. Realizar una evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto

3.5.1. Inversión Inicial del Proyecto

La inversión inicial del proyecto, está dado por la adquisición oportuna de los repuestos, servicios en el

taller, y servicios de terceros en la empresa Agroindustrial Pucalá; los repuestos reportados se deberán comunicar a tiempo y así se realizará la compra a tiempo.

El pozo tubular, debe regirse conforme todo lo esperado y no superar los costos, por ello se debe mantener en específico la constancia de mantenimiento y reparación para lograr llegar al objetivo planteado y así la capacitación de cada personal encargado brindará una mejor seguridad de que se cumplirá con todo ello.

TABLA 27. *Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo.*

N°	Designación de Pozo Tubular	Inversión para Mantenimiento Preventivo (Anual (S/.))			
		Repuestos	Servicios	Capacitación	Total (S/)
1	Pozo Tubular 55	1000	320	140	1460
2	Pozo Tubular 30	904	280	140	1324
3	Pozo Tubular 10	1056	320	140	1516
4	Pozo Tubular 37	1232	430	140	1802
5	Pozo Tubular 22	824	290	140	1254
6	Pozo Tubular 18	888	340	140	1368

7	Pozo Tubular 17	784	260	140	1184
8	Pozo Tubular 46	992	380	140	1512
	Total Anual (S/.)				11420

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Ingresos que genera el Proyecto

El proyecto muestra una rentabilidad esperada sobre los pozos tubulares, es decir que se tiene disponible el agua para el regadío de las tierras de cultivo de la Empresa Agroindustrial Pucalá.

El incremento de la disponibilidad es de aproximadamente el 5%, es decir que en la misma proporción se tiene el incremento del volumen de agua

TABLA 28. *Agua extraída*

N°	Volumen de agua extraída (m3)		
	Designación de Pozo Tubular	Actual	Con Propuesta
1	Pozo Tubular 55	4740	4977
2	Pozo Tubular 30	3078	3231.9
3	Pozo Tubular 10	4510.8	4736.34
4	Pozo Tubular 37	1022.4	1073.52

5	Pozo Tubular 22	1987.2	2086.56
6	Pozo Tubular 18	1257.6	1320.48
7	Pozo Tubular 17	2620.8	2751.84
8	Pozo Tubular 46	2106	2211.3
	Suma	21322.8	22388.94

Fuente: elaboración propia.

El incremento mensual de extracción de agua subterránea es de $22388.94 - 21322.8 = 1066.14\text{m}^3$, y teniendo en cuenta que el costo de agua para riego en la región tiene un precio aproximado de 0.95 Soles el metro cúbico, el ingreso que reportaría el incremento de la disponibilidad es de $1.30 \times 1066.14 = 1012.8$ Soles mensuales.

3.5.3. Flujo de caja del Proyecto

Ello es realizado conforme a lo planteado, que es por 18 meses, vinculando todo lo ajustado.

TABLA 29. Totalidad

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Egresos (S/)	11420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos (S/)		1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8
Utilidad (S/)	- 11420	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8

Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Análisis con indicadores económicos

Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolas al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 3.5% mensual, que es la tasa que se evalúa en créditos para proyectos donde las diversas entidades que financian verán a este un proyecto viable.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

In: Ingresos mensuales: S/. 1012.8

Ia: Ingreso actualizado al mes 0

i: Tasa de Interés: 3.5% Mensual.

n: Número de Meses: 18

Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero.

Reemplazando valores obtenemos: VNA = S/. 1872.96

Mes	0	1	13	14	15	16	17	18	
Egresos (S/)	11420	0	0	0	0	0	0	0	
Ingresos (S/)		1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	
Utilidad (S/)	-11420	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	S/. 1,872.96 VNA(0.035,F8:W8)

Figura 18. Cálculo de ingresos.

Fuente: elaboración propia.

Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna es determinable que se debe actualizar los intereses y con ello la igualdad de determinación; son igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/. 11420

Ia: ingresos actualizados al mes 0

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses 18

Mes	0	1	13	14	15	16	17	18	
Egresos (S/)	11420	0	0	0	0	0	0	0	
Ingresos (S/)		1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	
Utilidad (S/)	-11420	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	5.47% TIR(E8:W8)

Figura 19. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.

Fuente: elaboración propia.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 5.47% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila al 3.5 % mensual.

IV. DISCUSIÓN

La utilización de manera óptima de los equipos de bombeo de agua, influye significativamente en la disponibilidad de ellos; la forma de utilizarlos durante su operación, en el cual se realice el seguimiento de las variables de funcionamiento, tanto del motor eléctrico, la bomba hidráulica, el sistema de tuberías, accesorios y el sistema de control eléctrico, el cual debe estar dentro de lo estipulado por el fabricante, que no solamente garantice la operatividad, sino también tengan el menor consumo de energía eléctrica.

Un valor de disponibilidad menor al 82% en instalaciones de bombeo de agua, en empresas agro industriales en el Perú, y en países exportadores de productos agrícolas, no son consideradas, y salen de servicio, siendo reemplazadas por equipos de mayor eficiencia.

El mantenimiento autónomo de los equipos de bombeo requiere de capacitación en el área de la hidráulica, mecánica, electricidad y de controles; en el cual el operador puede realizar las mediciones de los parámetros y registrarlos para determinar la tendencia de ellos dentro de un determinado periodo.

El método de utilizado es el más idóneo conforme se ha venido mencionando en toda la indagación, y esto es dable para mantener en flote las fallas que se puedan ir dando con el paso del tiempo, cada operación del bombeo y del agua subterránea, aquella probabilidad será conforme lo que se ha venido registrando y probando, así como aprobando cada análisis.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual de los equipos electromecánicos de los pozos tubulares, analizando la tendencia de los valores registrados, como es el tiempo de funcionamiento entre fallos, el tiempo de reparación, el número de paradas, en cada uno de los equipos de bombeo de agua subterránea.
- Se determinó el valor de la disponibilidad de los equipos, se puede evidenciar que, de los 8 pozos tubulares, solo uno supera el 90% de disponibilidad, 6 tienen valores de disponibilidad entre el 80 y 90%, y una electrobomba tiene un valor de disponibilidad menor al 80% (77.3%), lo cual demuestra que existe la planificación del mantenimiento, así como también una gestión en cuanto a todo el proceso de mantenimiento, desde el reporte de la falla, el suministro de materiales, almacenes, etc.
- Se hizo el diseño de las operaciones y tareas a realizar en los sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y de control, con programaciones de mantenimiento preventivo semanal, mensual y semestral; así mismo se plantea la supervisión de la ejecución del plan de mantenimiento.
- Se determinó el incremento del indicador de disponibilidad al implementar el plan de mantenimiento. Se concluye que, los pozos, con lo cual se garantiza el riego a los cultivos de caña de azúcar, se han determinado con el mantenimiento, previniendo verificando constantemente, supervisando lo que debe ser y lo que se debe esperar es que al mínimo detalle se pueda actuar de inmediato para no perjudicar la maquinaria y el producto obtenido. Esto ha sido reflejado con el funcionamiento óptimo de todo lo visto y conforme lo demostrado y la viabilidad dada.
- La parte económica siendo una parte importante y fundamental a la hora de evaluar si es viable el proyecto, se encuentra en un valor estimado, esperado y fácil de ejecutar.

VI. RECOMENDACIONES

- Es recomendable que el personal sea capacitado sobre el tema y sobre lo que va a aplicar, así mismo realizar lo planteado y fundamentalmente cada repuesto debe estar y debe ser cambiado de tal manera que no se pueda visualizar ninguna falla, por lo que mantendrán un mantenimiento eficaz a diario.
- Teniéndose siempre un plan de riego de los cultivos, en función a la cantidad de agua, el tiempo de aplicación, así como también el momento en el día de la aplicación, con lo cual se optimiza el consumo de agua, así como también el requerimiento de agua que requiere el cultivo de acuerdo a sus características agronómicas.
- Realizar un estudio de generación de energía eléctrica a partir de la energía solar y la energía eólica, porque en el lugar se evidencia niveles de radiación alto, así como también velocidades de viento que podrían accionar un aerogenerador.

REFERENCIAS

- Afey, I. H. (2010), Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study, Engineering, 2010, 2, 863-873, doi:10.4236/eng.2010.211109.
- Ahmed, S., Hassan, M. H., &Taha, Z. (2005). TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 11(1), 19-42. Ahuja I.P.S., Khamba, J.S., (2008), Total productive maintenance: Literature review and directions, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.25 No.7, pp. 709-756.
- Ahmed, S., Hassan, M., Taha, Z., (2004), State of implementation of TPM in SMLs: a survey study in Malaysia, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol.10 No.2, pp. 93-106.
- Alavedra, F., C., Gastelu Pinedo, y., Méndez Orellana, G., Minaya Luna, C., Pineda Ocas, B., Prieto Gilio, K., Moreno Rojo, C. (2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Chimbote - Perú: Universidad Nacional del Santa - Universidad Cesar Vallejo.
- Arca, J. G. and Prado, J. C. P. (2008). Personnel participation as a key factor for success in maintenance program implementation: a case study. International Journal of Productivity and Performance Management, 57(3), 247-258. [6] Aspinwall, E. and Elgharib, M. (2013). TPM implementation in large and medium size organisations. Journal of Manufacturing Technology Management, 24(5), 688-710.
- Avilés Chong, H. S. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA WINREP S.A*. Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Bamber, C. J., Sharp, J.M. and Hides, M.T. (1999), Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing

case study, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No.3, pp. 162-81.

Ben-Daya, M., Duffua, S.O., (1995), Maintenance and quality: the missing link, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1 No. 1, 1995, pp. 20-26.

Bloom. N., 2005, Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple, McGraw-Hill. [10] Chinese, D. and Ghirardo, G. (2010). Maintenance management in Italian manufacturing firms: Matters of size and matters of strategy. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 16(2), 156-180.

Bojorquez, F. (2008). *Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total*. Mexico: Tecnológico de Sonora.

Campos Ventura, V. A. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la eficiencia de los activos críticos en la empresa cartavio S.A.A*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte.

Cardona Montoya, D. L. (2015). *Estudio de casos de implantación exitosa de tpm en industrias ubicadas en el eje cafetero y norte del cauca – Colombia*. Medellin - Colombia: UNIVERSIDAD EAFIT.

Cepeda. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total (tpm) para la maquinaria de recuperación de turbinas del cirt en la empresa celec ep – hidroagoyán*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Cholasuke. C., Bhardwa. R, Antony. A. (2004). The status of maintenance management in UK manufacturing organisations: results from a pilot survey. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10 Iss: 1 pp. 5 – 15.

Cooke, F.L. (2000). *“Implementation TPM in plant maintenance: some organizational barriers”*, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.17 No.9, pp. 1003- 1016.

- Cuatrecasas, L. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*.
Obtenido de Gestión del mantenimiento de los equipos productivos:
<https://goo.gl/BQecLo>
- Espinoza Cadenas, E. S. (2014). *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la vida nominal de los equipos: vehículos livianos y maquinas-herramientas. empresa coopsol minería y petróleo S.A. Callao - Perú: Universidad Nacional del Callao*.
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y gestión del mantenimiento*. España: Ediciones Díaz Santos S.A.
- Graisa, M., Al-Habaibeh, A. (2010). *An investigation into current production challenges facing the Libyan cement industry and the need for innovative total productive maintenance (TPM) strategy, Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 22, No.4, pp.541-558.
- Haddad, T. H. and Jaaron, A. A. (2012). The Applicability of Total Productive Maintenance for Healthcare Facilities: an Implementation Methodology. *International Journal of Business, Humanities and Technology*, Vol. 2 No. 2.
- Kulkarni. A, Dabade. B.M (2013). Investigation of Human Aspect in Total Productive Maintenance (TPM): Literature Review. *International Journal of Engineering Research and Development* Volume 5, Issue 10, pp. 27-36 1580 *Applied Mechanics, Materials and Manufacturing IV*
- Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani. Z. & Sharp, J.M., (2001). A framework for managing maintenance using performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol.21 Nos 1 / 2, pp. 173-194.
- Kwon, O. and Lee, H. (2004). Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. *Journal of quality in Maintenance Engineering*, 10(4), 263-272.

- Lazim, H. M., & Ramayah, T. (2010). Maintenance strategy in Malaysian manufacturing companies: a total productive maintenance (TPM) approach. *business strategy series*, 11(6), 387- 396.
- León Lefcovich, M. (2005). *TPM - Mantenimiento Productivo Total Un paso hacia la excelencia empresarial*.
- Lozada Cepeda, J. A. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total (tpm) para la maquinaria de recuperación de turbinas del cirt en la empresa celec ep – hidroagoyán*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Majumdar, J. P. and Manohar, B. M. (2012). Implementing TPM programme as a TQM tool in Indian manufacturing industries. *Asian Journal on Quality*, 13(2), 185-198.
- Mishra. R.P., Anand. G., Kodali. R. (2006). Development of a Framework for World-Class Maintenance System. *Journal of Advanced Manufacturing Systems* Vol. 5, No. 2 (2006) 141–165.
- Misra, K. B. (2008). Maintenance engineering and maintainability: an introduction. *Handbook of Performability Engineering*, pp. 755-772, Springer London
- Montoya, I., & Parra, C. (2010). *Implementación del Total Productive Management (TPM) como tecnología de gestión para el desarrollo de los procesos de Maquiavicola LTDA*. Rosario - Argentina: Universidad del Rosario.
- Nakajima, S (1988): *Introduction to TPM*, Productivity Press, Cambridge, MA.
- Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, j. M. (1997). *GESTION INTEGRAN DE MANTENIMIENTO*. España: Marcombo.
- O. Riis. J., Luxhøj. J. T., Thorsteinsson. U., (1997) "A situational maintenance model", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 14 Iss: 4, pp.349 – 366. Parida. A., Kumar. U. (2006). Maintennace

- performance measurement (MPM): issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 12(30), 239-251.
- Ollila, A., Malmipuro, M. (1999). *Maintenance has role in quality, The TQM magazine*, Vol. 11, No.1 pp. 17-21.
- Portal Arribasplata, E., & Salazar Alza, P. C. (2016). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (tpm) en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de movimiento de tierras en la empresa multiservicios punre srl, cajamarca 2016*. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Pramod, V. R., Devadasan, S. R., Muthu, S., Jagathyraj, V. P. and Moorthy, G. D. (2006). Integrating TPM and QFD for improving quality in maintenance engineering. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(2), 150-171.
- Ramayah, T., Jantan, M., Hassan, M. M. (2002). *Change management and implementation of Total Productive Maintenance: An exploratory study of Malaysian manufacturing companies*. *Utara Management Review*, 3(1), 1-17.
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. Madrid- España. doi:ISBN: 84-95428-49-0
- Seng, O. Y., Jantan, M., & Ramayah, T. (2005). *Implementing total productive maintenance (TPM) in malaysian manufacturing organisation: an operational strategy study*. *The ICFAI Journal of Operations Management*, 4(2), 53-62.
- Seth, D. and Tripathi, D. (2005). Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(3), 256-277.
- Shafeek, H. (2012). *Maintenance Practices in Cement Industry*. *Asian Transactions on Engineering* (ATE ISSN: 2221-4267) Volume, 1.

- Silva, J. (2015). *Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa*. Piura - Perú.
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industry*, Portland OR: Productivity Press
Applied Mechanics and Materials Vols. 670-671 1581
- Tajiri, M., Gotoh, E. (1992). *TPM Implementation: A Japanese Approach*, New York: McGraw-Hill. [33] Tsang, A.H.C., Chan, P.K., (2000), TPM implementation in China : a case study, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17, No.2, pp.141-157.
- Tsarouhas, P. (2007). *Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5-18.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de revisión documentaria

		FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA	
Tipo de Fuente	Libro <input type="checkbox"/> Revista <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Norma <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>		
Nombre de la Fuente			
Nombre del Documento			
Título / Asunto			
Volumen			
Tomo / Legajo			
Folio / Página			
Lugar y Fecha del Doc			
Autor			
Ubicación de la Fuente			
CONTENIDO			